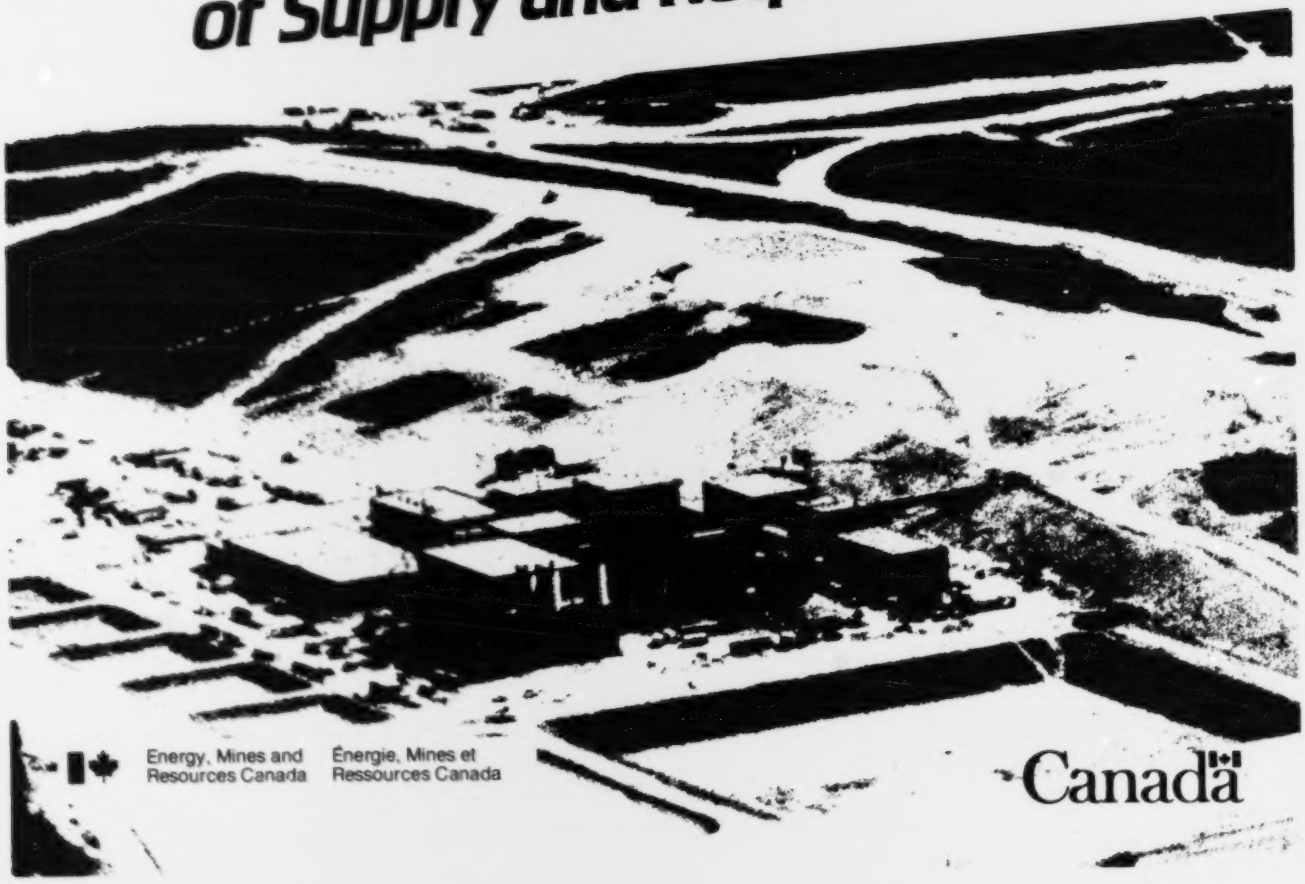
Uranium in Canada: 1984 Assessment of Supply and Requirements



Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

Canada

86-04588/

Upper: New Brunswick Electric Power Commission's 600 MW CANDU Point Lepreau Nuclear Generating Station achieved an average capacity factor of more than 95 per cent from mid-1984 to mid-1985.

- Atomic Energy of Canada Limited

Lower: The Key Lake uranium project in northern Saskatchewan became the world's largest uranium production centre in 1984.

- Saskatchewan Mining Development Corporation

URANIUM IN CANADA
1984 ASSESSMENT OF SUPPLY AND REQUIREMENTS

REPORT EP 85-3

September 1985

Acknowledgments

The Uranium Resource Appraisal Group is grateful to representatives of the Ontario Ministry of Natural Resources, the Saskatchewan Department of Mineral Resources, and le Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec, for assistance in assessing uranium resources within their respective domains.

Aussi disponible en français

Published under the Authority of
The Minister of Energy, Mines and Resources Canada

Copies available on request from
Communications Branch
Energy, Mines and Resources Canada
580 Booth Street
Ottawa, Ontario K1A 0E4

© Minister of Supply and Services Canada 1986
Cat. No. M23-11/5-1984E
ISBN 0-662-14786-3

CONTENTS

Page

EXECUTIVE SUMMARY

PART 1. SHORT-TERM PERSPECTIVE

1. SUPPLY

a) supply sources

measured, indicated and inferred tonnages 3

b) uranium availability

existing operations 6
additional production possibilities 13
projected production capabilities 14

2. REQUIREMENTS

a) domestic nuclear power program 18

b) uranium sales commitments 20

PART 2. LONGER TERM PERSPECTIVE

1. SUPPLY

a) supply sources 25

prognosticated resources 25
speculative resources 26
uranium exploration activities 30

b) uranium availability 34

2. REQUIREMENTS

a) outlook for nuclear power growth 38

b) demands on the uranium producing industry 40

Appendix 1 Definitions of resource and production terminology 41

Appendix 2 Canadian uranium export policy 47

Appendix 3 Uranium Resource Appraisal Group (URAG) 48

References 49

Bibliography 49

FIGURES

		Page
Figure 1.	Principal areas in Canada with identified uranium deposits	5
Figure 2.	Principal uranium deposits in Saskatchewan	9
Figure 3.	Elliot Lake, Ontario, producing district	11
Figure 4.	Canadian uranium production capability compared with estimated domestic requirements	15
Figure 5.	Uranium resources in Canada as of December 31, 1984	17
Figure 6.	Canadian uranium requirements, supply commitments and available surplus, as of December 31, 1984	21
Figure 7.	Scheduled deliveries of Canadian uranium for the export market	23
Figure 8.	Areas in Canada favourable for the occurrence of uranium deposits	27
Figure 9.	Trends in uranium exploration expenditures in Canada	35
Figure 10.	Nuclear share of electricity generated in selected countries, 1984 and 2000	39
Figure A-1	Classification scheme for resources of recoverable uranium (Energy, Mines and Resources Canada)	43

TABLES

		Page
Table 1.	Estimates of Canada's uranium resources recoverable from mineable ore	4
Table 2.	Existing production centres	8
Table 3.	Work force - Canadian uranium mining operations	12
Table 4.	Possible future uranium production centres	13
Table 5.	Canadian uranium production capability from existing production centres	14
Table 6.	Nuclear power plants in Canada	18
Table 7.	Estimated annual Canadian uranium requirements	19
Table 8.	Uranium under export contracts reviewed since September 5, 1974	20
Table 9.	Exports of uranium of Canadian origin	22
Table 10.	Estimates of Canada's prognosticated resources of uranium contained in mineable ore	24
Table 11.	Total expenditures and coverage of government-sponsored radiometric and geochemical surveys	29
Table 12.	Uranium exploration drilling and surface development drilling activity in Canada, 1976 to 1984	32
Table 13.	Uranium exploration expenditures in Canada, 1976 to 1984	33
Table 14.	Illustrative long-term production capability from known Canadian deposits	36

EXECUTIVE SUMMARY

Overview

In 1974 the Minister of Energy, Mines and Resources (EMR) established a Uranium Resource Appraisal Group (URAG) within EMR to audit annually Canada's uranium resources for the purpose of implementing the federal government's uranium export policy. A major objective of this policy was to ensure that Canadian uranium supplies would be sufficient to meet the needs of Canada's nuclear power program.

The concern about domestic security of supply is less relevant now than it was 10 years ago. Projections of installed nuclear power growth in Canada over the long term have been successively revised downwards, as they have in other industrialized countries. Canadian uranium supply capabilities, on the other hand, have expanded significantly. In the past decade, estimates of uranium resources in comparable resource categories have increased by over 145 000 tonnes U, despite production of almost 70 000 tonnes U.

Canada has maintained its status as the western world's leading exporter of uranium and has become the world's leading producer. It possesses a significant portion of the world's uranium resources that are of current economic interest and has become the focus of a substantial share of international uranium exploration activity. The Athabasca Basin in northern Saskatchewan has emerged as the principal target for the discovery of very high grade uranium deposits. Canada is assured of being able to supply its own needs and those of its trading partners for many years to come.

1984 Assessment Results

Since URAG completed its last formal assessment (1982), the success of uranium exploration efforts in Canada has continued, resulting in an overall increase in domestic uranium resource estimates, as shown in the table below. New discoveries have more than offset the decrease in resources caused by annual production during 1983 and 1984 and by the reassignment of resources to higher price categories. The latter is a result of the continued decline in the price of uranium and the sustained upward pressure on production costs.

Principal Resource Categories	Tonnes U* Recoverable From Mineable Ore	
	1984	1982
Measured	54 000	59 000
Indicated	233 000	195 000
Inferred	264 000	287 000
Total	551 000	541 000

URAG divides its resource estimates into three principal resource categories reflecting different levels of confidence in the quantities reported. These estimates are further separated into different uranium price categories. For the 1984 assessment the three price ranges used were: (A) $100/kg U or less, (B) from $100 to $150/kg U and (C) from $150 to $300/kg U (Canadian dollars). Each number in the table above represents the sum of resources in all three price categories.

---

* One metric ton (tonne) of elemental uranium (U), written as tU, is equivalent in terms of uranium content to 1.2999 short tons of uranium oxide (U_3O_8).

Only the resources recoverable at prices of $150/kg U or less, that is within the lower two price ranges, are used for the purpose of ensuring that sufficient uranium is reserved to meet domestic requirements. Estimated resources recoverable at uranium prices between $150 and $300/kg U are not expected to be of economic interest before the late 1990s.

Beyond these 'known' resources, there are additional quantities of uranium in the two categories of 'undiscovered' resources. Prognosticated resources exploitable at uranium prices of $300/kg U or less are estimated at 292 000 tU. Speculative resources of interest at prices of $300/kg U or less, in areas assessed during 1984, are thought to total approximately one million tU.

In 1984, Canada's five primary uranium producers employed some 5800 people at their mining and milling operations, and produced concentrates containing some 11 170 tU. Based on existing production centres alone, Canada's projected annual primary uranium production capability will stabilize at some 12 000 tU through the remainder of the 1980s. Should market conditions warrant, additional production centres could be developed to raise production capability to 15 000 tU by the latter half of the 1990s; in comparison, world requirements will approach 60 000 tU/year.

By the year 2000, Canada's annual uranium requirements will be about 2 000 tU. It is evident from URAG's 1984 assessment that Canada's known uranium resources, recoverable at uranium prices of $150/kg U or less, are more than sufficient to meet the 30-year fuelling requirements of those reactors that are either in operation now or committed or expected to be in-service by 1995. A substantial portion of Canada's identified uranium resources, recoverable within the same price range, is thus surplus to Canadian needs and available for export. Sales worth close to $1 billion annually are assured, as forward domestic and export commitments as of early 1985 totalled 77 000 tU and 63 000 tU, respectively.

Uranium exploration expenditures in Canada in 1983 and 1984 were an estimated $41 million and $35 million, respectively, down markedly from the $128 million reported for 1980. Exploration drilling and surface development drilling in 1983 and 1984 were reported to be 153 000 m and 197 000 m, respectively, some 85 per cent of which was in Saskatchewan.

Over the longer term, there is significant potential for discovering additional uranium resources in Canada. Given the incentive of an increasing demand for uranium, much of this potential will no doubt be realized and developed.

This report by URAG is the ninth in a series published since 1975 to present the results of regular assessments of Canadian uranium supply capabilities. The reports were published annually until the 1982 assessment after which formal reporting was changed to a biennial schedule.

The content and format of this report are much the same as in previous editions. However, to facilitate comparison of Canada's resource estimates with those of other countries, estimates of 'known' uranium resources are presented in terms of quantities of 'uranium recoverable from mineable ore' instead of 'uranium contained in mineable ore', as was done in earlier reports. This distinction is discussed more fully in the section on resource and production terminology and definitions (Appendix 1).

PART 1. SHORT-TERM PERSPECTIVE

1. SUPPLY

a) Supply Sources

Measured, Indicated and Inferred Tonnages

Canadian uranium supply over the next 10 to 15 years will be drawn from known resources, estimates of which are divided into three categories, measured, indicated and inferred, reflecting different levels of confidence in the reported quantities. (See definitions in Appendix 1.)

Only these three categories of resources are considered by EMR for ensuring that sufficient uranium is reserved to meet domestic requirements, an aspect of uranium policy that is outlined in Appendix 2. Estimates of 1984 resources in these three categories, prepared by EMR's Uranium Resource Appraisal Group (URAG), are presented in Table 1. (URAG's mandate is described in Appendix 3.) For comparison, the results of the 1982 assessment are also indicated.(1) The bulk of these resources is associated with deposits in areas identified in Figure 1.

The 1984 assessment of Canada's uranium resources commenced in December 1984 and was done using three price ranges. The lower price range (A) was assigned a uranium price limit of $100/kg U; the second range (B) spanned the $100 to $150/kg U interval. The third price range, (C), introduced for the first time in the 1982 URAG assessment, was from $150 to $300/kg U. Prices are given in Canadian dollars/kg U*.

The price of $100/kg U was chosen by URAG for its assessment to illustrate those resources that appeared to be of economic interest to Canada in 1984, and served to define the upper limit of the A price category. The average price of Canadian deliveries on the export market, which has served to define the limit of the A price category in previous URAG reports, was judged inappropriate for this purpose because it has become unduly influenced by deliveries made on the spot market (see Uranium Sales Commitments). Only resources in the lower two price categories (A and B) are used by EMR for the purpose of determining whether resource levels are sufficient to meet domestic requirements. Resources in the third (C) price category are not expected to be of economic interest before the late 1990s.

In a comparison of the 1984 revisions of Canada's uranium resource estimates with those of the 1982 resource assessment (see Table 1), the most significant change is the apparent shift in resources from the inferred to the indicated category, reflecting the continued delineation of recently discovered uranium deposits in Saskatchewan. At the same time, there has been a significant increase in resources assigned to the higher price categories, and a corresponding decline in resources of current economic interest (i.e., A price category). This shift in the economic distribution of Canada's known uranium resources is attributed to a number of factors including production of some 18 300 tonnes U over the two-year assessment period, and the continuing upward pressure on production costs, which necessitated the use of higher cut-off grades for assessing selected deposits. In addition, resources associated with certain of the more recently discovered Saskatchewan deposits have

---

* $1/lb U_3O_8 = $2.6/kg U.

TABLE 1. Estimates of Canada's Uranium Resources Recoverable from Mineable Ore[a]

Price ranges within which mineable ore is assessed[b]	Thousands of tonnes of uranium					
	Measured		Indicated		Inferred	
	1984[c]	1982[d]	1984[c]	1982[d]	1984[c]	1982[d]
A	31	[32]	124	[144]	105	[181]
B	-	[1]	59	[8]	92	[48]
A + B	31	[33]	183	[152]	197	[229]
C	23	[26]	50	[43]	67	[58]
A + B + C	54	[59]	233	[195]	264	[287]

a Losses in mining recovery as well as in ore processing have been accounted for.

b The price figures reflect the price of a quantity of uranium concentrate containing 1 kg of elemental uranium. The prices were used in determining the cut-off grade at each deposit assessed, taking into account the mining method used and the processing losses expected.

c For the 1984 assessment the price ranges were (A) $100/kg U or less, (B) between $100 and $150/kg U and (C) between $150 and $300/kg U.

d The bracketed figures are from the 1982 assessment in which price ranges were (A) $115/kg U or less, (B) between $115 and 170/kg U and (C) between $170 and $340/kg U.

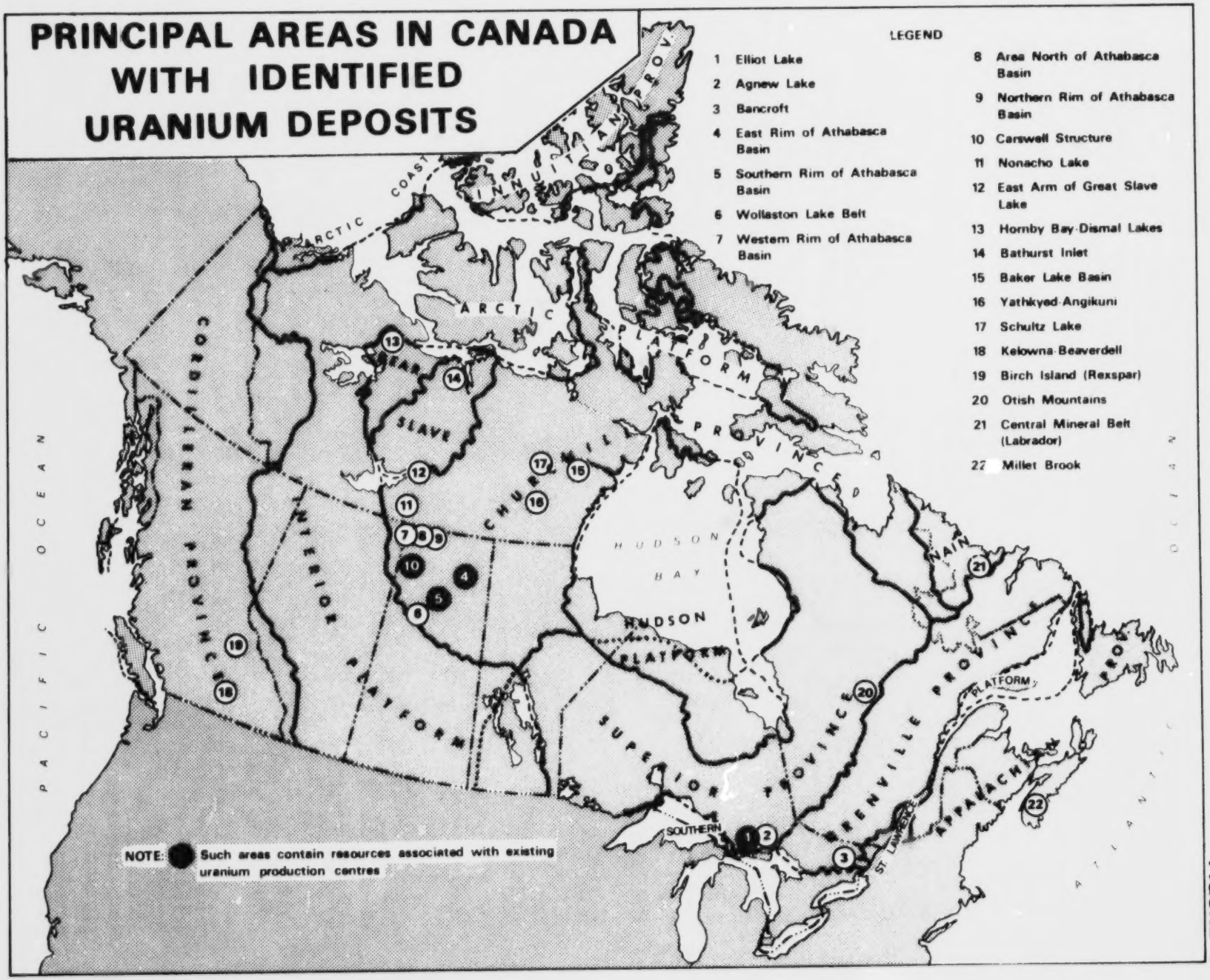

PRINCIPAL AREAS IN CANADA WITH IDENTIFIED URANIUM DEPOSITS
LEGEND
1 Elliot Lake
2 Agnew Lake
3 Bancroft
4 East Rim of Athabasca Basin
5 Southern Rim of Athabasca Basin
6 Wollaston Lake Belt
7 Western Rim of Athabasca Basin
8 Area North of Athabasca Basin
9 Northern Rim of Athabasca Basin
10 Carswell Structure
11 Nonacho Lake
12 East Arm of Great Slave Lake
13 Hornby Bay-Dismal Lakes
14 Bathurst Inlet
15 Baker Lake Basin
16 Yathkyed-Angikuni
17 Schultz Lake
18 Kelowna-Beaverdell
19 Birch Island (Rexspar)
20 Otish Mountains
21 Central Mineral Belt (Labrador)
22 Millet Brook
NOTE: Such areas contain resources associated with existing uranium production centres
PACIFIC OCEAN
ATLANTIC OCEAN
ARCTIC COAST
ARCTIC PLATFORM
CORDILLERAN PROVINCE
INTERIOR PLATFORM
SLAVE
CHURCHILL PROVINCE
HUDSON BAY
HUDSON PLATFORM
SUPERIOR PROVINCE
GRENVILLE PROVINCE
APPALACHIAN
SOUTHERN
PLATFORM
ST LAWRENCE

FIGURE 1

been assigned to the higher price categories as a reflection of current uncertainties associated with their costs of exploitation.

It should be noted that some low-grade deposits were assigned to a price category higher than C, as they would be considered as mineable only at uranium prices exceeding $300/kg U. Tonnages remaining in certain past producing deposits that are unlikely to be exploited in the foreseeable future were also excluded from the resources listed in Table 1. The tonnages involved in these latter cases are not significant.

As part of an effort to achieve comparability of uranium resource estimates at the international level(2), estimates of Canada's uranium resources are presented in Table 1 in terms of uranium recoverable from mineable ore as distinct from uranium contained in mineable ore, as was the case in previous URAG reports, that is, both mining and ore processing recovery factors have been applied to the estimates.

In underground operations, mineable ore is generally 75 to 85 per cent of the ore-in-place. As a rule, higher mining recoveries are achievable in open-pit operations. Ore-processing recoveries in Canada are normally high, ranging from 90 to 97 per cent. The 1984 weighted average mill recovery of Canada's existing conventional uranium operations was 93 per cent.

In developing the recoverable resource figures shown in Table 1, actual or expected mining and ore-processing recovery factors were individually applied to resources that are tributary to existing and prospective production centres.

Of the total resources in all three categories (measured, indicated and inferred), about 45 per cent is in Ontario and 49 per cent in Saskatchewan. Distributions quoted in the 1980 assessment were 63 and 31 per cent, respectively. The change is largely the result of the continued discovery and delineation of resources in northern Saskatchewan.

More than half of Canada's uranium resources in the measured, indicated and inferred categories occurs in Proterozoic unconformity-related type deposits, primarily in northern Saskatchewan. These deposits contain either monometallic (e.g., Rabbit Lake) or polymetallic (Key Lake, Collins Bay B Zone, Cigar Lake) mineralization associated with the sub-Athabasca unconformity (Middle Proterozoic). Pitchblende mineralization prevails in the monometallic deposits, whereas uranium-nickel-cobalt assemblages prevail in the polymetallic deposits. The average grade of the deposits varies from those grading less than 1 per cent U to those where average grades range between 2 and 5 per cent and in some parts of the deposits (e.g., at Cigar Lake) exceed 10 per cent U.

Most of the remaining resources in the measured, indicated and inferred categories occur in quartz-pebble conglomerates, primarily in the Elliot Lake area of Ontario. Mineralization occurs at the base of the Huronian Supergroup in several beds (reefs) containing ores grading on average between 0.05 and 0.1 per cent U.

b) Uranium Availability

Existing Operations

In January 1985, Canada had five primary uranium producers: Denison Mines Limited, Rio Algom Limited, Eldorado Resources Limited, Key Lake

Mining Corporation (KLMC) and Cluff Mining. The key operational and capacity data for the five uranium production centres in Canada are summarized in Table 2.

The first two, located in the Elliot Lake area of Ontario, operate conventional undergound mines, and also use in-place leaching techniques for additional recovery of uranium. The other three are located in the Athabasca region of northern Saskatchewan. Two produce from open pits and the third operation is partly open-pit and partly underground.

Production from the primary uranium producers was 11 170 tU in 1984, as compared with 7143 tU in 1983, and 8075 tU in 1982. The difference is largely due to the start-up of the Key Lake mine, now the largest in the world in terms of annual output at 4600 tU per year. Preliminary estimates of 1984 shipments of uranium made by these producers was 9693 tU, valued at $916 million, compared with final shipments of 6823 tU valued at $668 million, and 7643 tU valued at $837 million, in 1983 and 1982, respectively. Differences between annual production and shipment figures reflect inventory quantities.

In 1984, some 55 per cent of Canada's total uranium production and shipments came from the three producers in Saskatchewan with the balance coming from the two Ontario producers.

At Denison, a milling rate of less than 10 000 tpd of ore is adequate to meet delivery schedules required under the company's long-term sales contracts, which approach 60 000 tU and extend to 2012. For the next several years Denison will likely maintain its current production rate of approximately 2300 tU per year.

Underground, in-place leaching tests conducted by the company over the past two years continue to show favourable results. Together with better training, improved machinery and recoveries of high-grade pillars, the leaching program will become an increasingly important part of Denison's efforts to reduce costs and enhance productivity. It was expected to contribute up to 10 per cent of the company's 1984 production and may account for up to 20 per cent of future production as more working areas become available. All major work for the expansion of the Denison main property was completed by year-end 1983. At that time the adjoining Stanrock/Can-Met mine was placed on a care-and-maintenance basis, since production from this rehabilitated area will not be required to meet commitments to Ontario Hydro until a future date.

Rio Algom's overall production during 1984 reached 2900 tU. As part of a plan implemented in late 1982 to match production more closely with deliveries made under existing contracts, combined ore output from the company's three Elliot Lake production centres (Quirke, Panel and Stanleigh) has been established at about 12 000 tpd. This rate is adequate to meet deliveries under long-term sales contracts, which total some 44 000 tU through the year 2020.

Rio Algom's intensive ongoing efforts to increase productivity have proven effective. Costs are being trimmed through mechanization and improved training, and by driving development headings in ore. The company's underground in-place leaching program is also of major importance. Production from leaching could reach 20 per cent of total output in the future.

Completed below budget, the rehabilitation of the Stanleigh property marked the end of Rio Algom's

TABLE 2. Existing Production Centres

Company and plant location	Start-up date	Deposit type[a] and mining method[b]	Ore-processing plant: Method[c] and recovery[d] (per cent)	Ore-processing plant: Nominal daily ore capacity (tonnes)	Ore-processing plant: Annual production rate[e] (tonnes U)
Cluff Mining - Phase II (Amok Ltd./SMDC) Cluff Lake, Sask.	1984[f]	Ucon/OP/UG	AL/SX/95	800	642
Denison Mines Ltd. Elliot Lake, Ont.	1957	Cong/UG/IPL	AL/IX/93	13 610	2 246
Eldorado Resources Ltd. Rabbit Lake, Sask.	1975	Ucon/OP	AL/SX/94	1 500	1 361
Key Lake Mining Corp. Key Lake, Sask.	1983	Ucon/OP	AL^2/SX/97	500-700	4 003
Rio Algom Ltd. Elliot Lake, Ont.					
° Quirke mill	1968[g]	Cong/UG/IPL	AL/IX/94	6 350	1 372
° Panel mill	1979[h]	Cong/UG/IPL	AL/IX/95	2 990	841
° Stanleigh mill	1983[h]	Cong/UG/IPL	AL/IX/90	4 540	704

[a] Deposit types: conglomeratic (Cong), unconformity related (Ucon).

[b] Mining methods: underground (UG), open-pit (OP), in-place leaching (IPL).

[c] Ore-processing methods: acid leaching (AL), two-stage acid leaching (AL^2), ion exchange (IX), solvent extraction (SX). For details of these processes, see Uranium Extraction Technology, NEA/IAEA, Paris, 1983.

[d] Processing recoveries: 1984 production data.

[e] Actual 1984 production.

[f] Phase I operated from 1980 to 1984.

[g] Rehabilitated for production from New Quirke mine; operated from 1956 to 1961 (old Quirke mine), then closed.

[h] Rehabilitated; produced from 1958 to 1961, then closed.

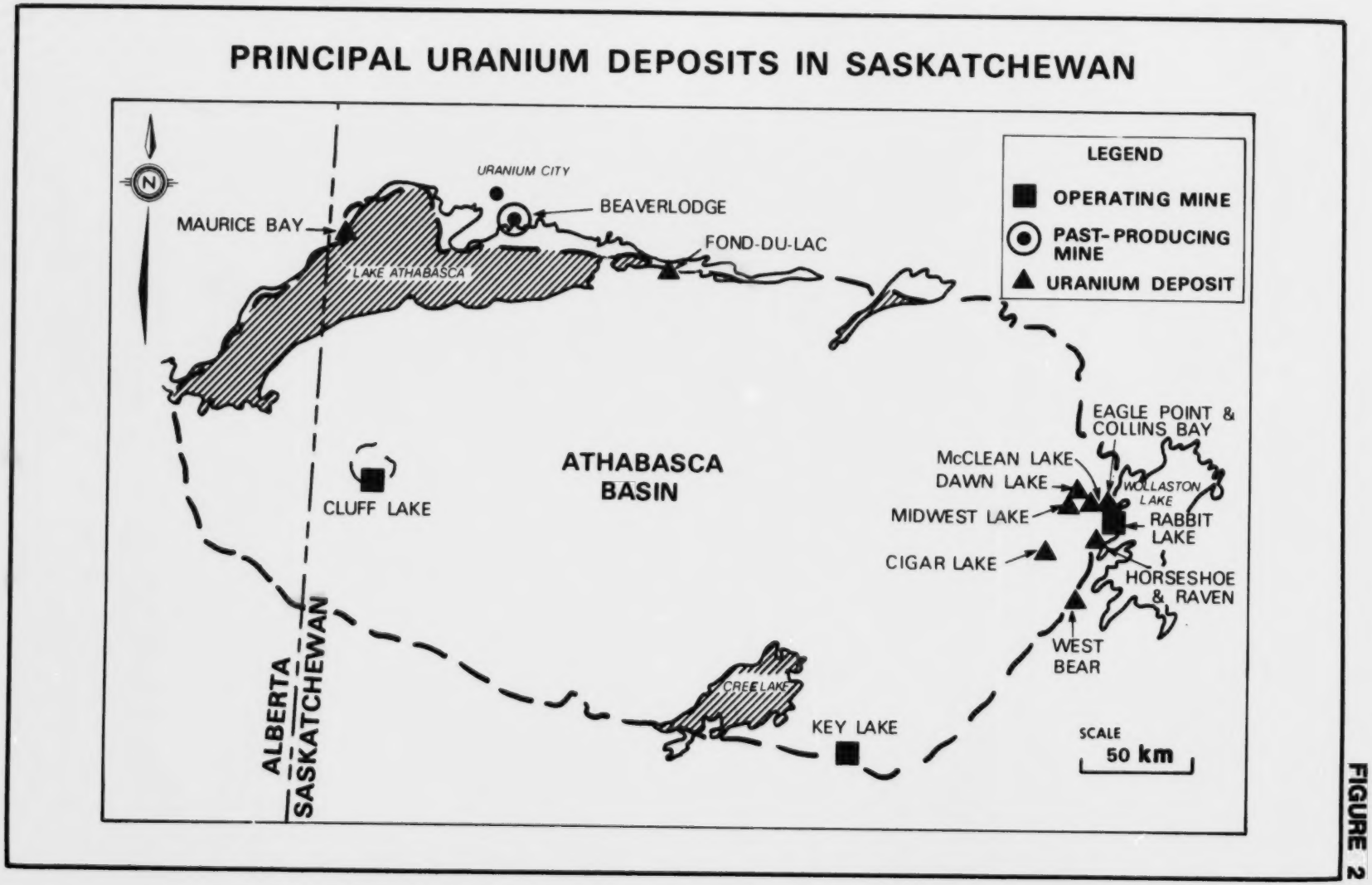

PRINCIPAL URANIUM DEPOSITS IN SASKATCHEWAN
LEGEND
OPERATING MINE
PAST-PRODUCING MINE
URANIUM DEPOSIT
URANIUM CITY
BEAVERLODGE
MAURICE BAY
FOND-DU-LAC
LAKE ATHABASCA
ATHABASCA BASIN
CLUFF LAKE
EAGLE POINT & COLLINS BAY
McCLEAN LAKE
DAWN LAKE
WOLLASTON LAKE
MIDWEST LAKE
RABBIT LAKE
CIGAR LAKE
HORSESHOE & RAVEN
WEST BEAR
CREE LAKE
KEY LAKE
ALBERTA
SASKATCHEWAN
SCALE
50 km

FIGURE 2

multimillion-dollar expansion program started in 1975. The Stanleigh mill commenced production on schedule in July 1983 and achieved targeted throughput by year-end 1984. During the 40-year life of the operation, some 28 000 tU will be delivered to Ontario Hydro, which has financed the project and will purchase its entire output.

At Bancroft, Ontario, Madawaska Mines Limited submitted its decommissioning and close-out proposal to Canada's Atomic Energy Control Board (AECB) in June 1983, and received the necessary approvals the following November. Similar approvals were granted for the salvage-leaching operation of Agnew Lake Mines Limited, 90 km east of Elliot Lake, at which production was terminated as planned in early March 1983. During 1984, work agreed upon under the AECB's approved decommissioning licences was substantially completed. If compliance with environmental standards is satisfactory after the prescribed monitoring periods, both companies will be released from any responsibility for the properties under the Atomic Energy Control Act.

Production in 1984 from Eldorado's Rabbit Lake, Saskatchewan, operation exceeded that of the previous year. With the completion of the Collins Bay B expansion, Eldorado's annual production capability will return to 2000 tU. Although the Rabbit Lake orebody was mined out in mid-1984, ore stockpiled from the open pit will provide feed until 1986 when first production from the B deposit is expected. The company has prepared the depleted Rabbit Lake pit as a disposal facility for the tailings from the Collins Bay B deposit.

Eldorado commenced work on the development of its Collins Bay B orebody, some 9 km northeast of the Rabbit Lake mill, after signing a surface lease agreement with the Government of Saskatchewan in March 1983. Retaining dikes are in place at the site, damming off the small bay that overlies the deposit. The bay has been drained and stripping of the overburden is essentially completed. The project includes modifications to the 1500 tpd capacity Rabbit Lake mill to facilitate the processing of a wider range of complex uranium-bearing ores. Hydrogen peroxide will be used instead of ammonia in the precipitation of mill concentrates in order to meet stringent environmental criteria.

In northwestern Saskatchewan, Cluff Mining - owned 80 per cent by Amok Ltd. and 20 per cent by Saskatchewan Mining Development Corporation (SMDC) - completed construction of its Phase II facilities in August 1984, two months ahead of schedule. Cluff Mining's environmental impact assessment and surface lease arrangement were accepted in early 1983 by the Government of Saskatchewan.

Stripping of the Claude deposit commenced in early 1983. Work on a decline from surface at the new O-P mine was completed in November 1983 in preparation for the underground development of the deposit, and to provide access to the much larger Dominique-Peter orebody nearby. Phase II production began in April 1984 from the exploitation of the O-P underground and Claude open-pit mines. Phase II facilities, designed to process ore of a more conventional grade than the very high-grade D orebody exploited during Phase I of the operation, will have the capability of mining and milling some 230 000 tpy of ore to produce between 850 and 1270 tU annually.

The KLMC operation at Key Lake in northern Saskatchewan achieved its annual design capacity of some 4600 tU in 1984, becoming the world's largest uranium production centre.

ELLIOT LAKE, ONTARIO, PRODUCING DISTRICT

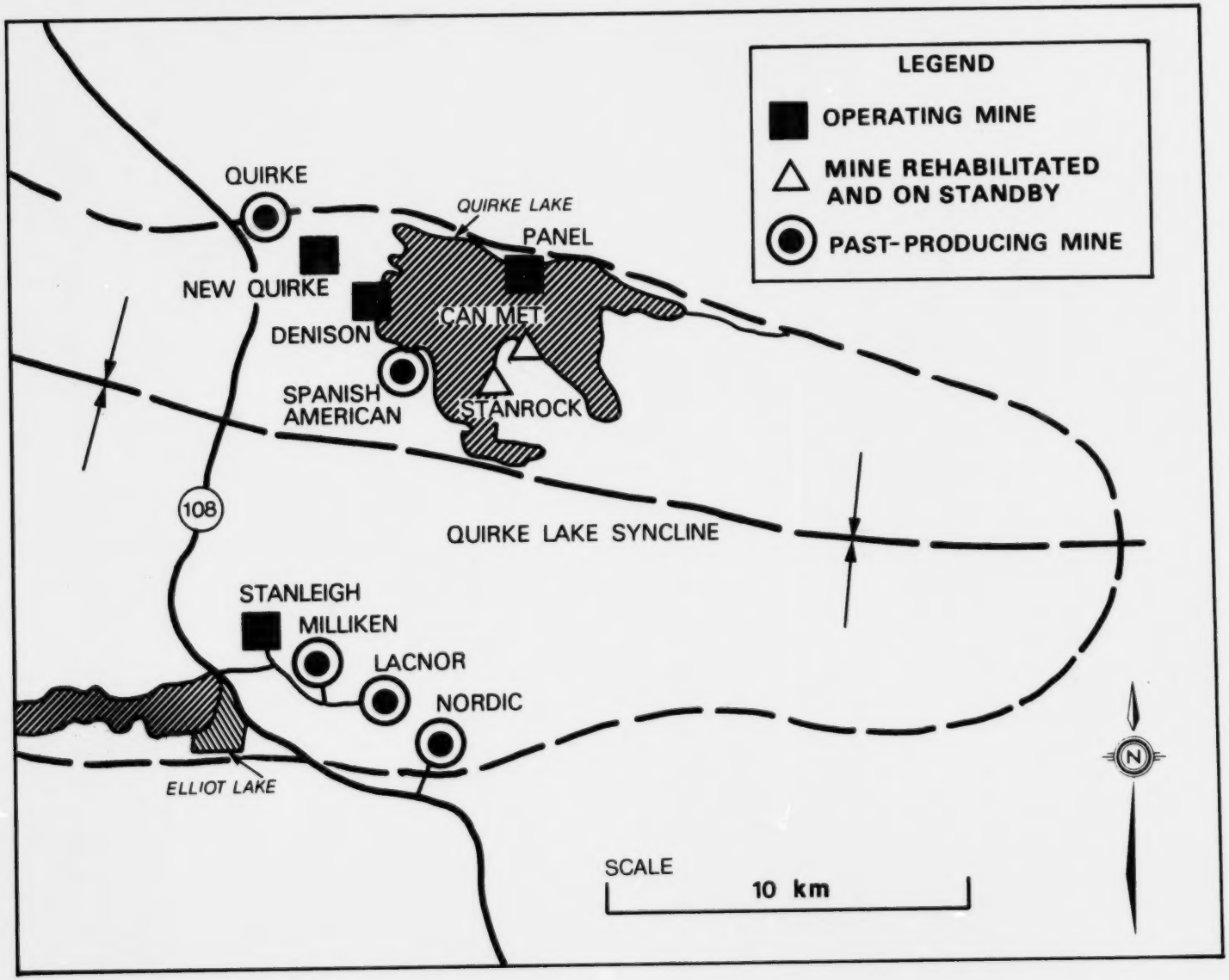


FIGURE 3

The combination of high-grade ore and low production costs also makes it one of the world's most competitive operations.

Start-up progressed smoothly as KLMC commenced ore processing in October 1983, continued commissioning through November, and attained mill recovery rates of 95 per cent by December 1983. To overcome problems caused by the high clay content of the ore, installation of a semi-autogenous grinding (SAG) mill was undertaken by KLMC in May 1984. Completed late in the year, the independent SAG circuit should ensure continuity of production at design throughput levels.

KLMC is jointly owned by Saskatchewan Mining Development Corporation (one half), Uranerz Exploration and Mining Limited (one third), and Eldor Resources Limited, wholly-owned by Eldorado Nuclear Limited (one sixth).

At Calgary, Alberta, a small 50 tU per year byproduct uranium recovery plant was operated during 1983 and 1984 by Earth Sciences Extraction Company. The company recovers uranium from phosphoric acid obtained from the adjacent plant of Western Co-operative Fertilizers Limited. Output from the operation is not included in Canadian production totals because the uranium is recovered from phosphate rock imported from the United States. This uranium is contracted to American utilities.

As shown in Table 3, some 5800 employees worked at Canada's producing uranium operations as of January 1985. Of this total, 2500 worked in the mines, both open-pit and underground, over 700 in the mills, and the balance were general employees. Head-office and construction-related employment is not included. The 1984 figure of 5800, showing close similarity with the 1981 total of some 6000 employees, reveals that many of the 1200 jobs lost during 1982-83, primarily as a result of the cessation of production at Madawaska, the closure of Beaverlodge in northern Saskatchewan and the phasing out of operations at Agnew Lake, have been regained as a result of the start-up of new and expanded uranium production facilities, mainly in Saskatchewan.

TABLE 3. Work Force - Canadian Uranium Mining Operations[a]

Company (operation)	Employees (mine, mill, general)
Cluff Mining	309
Denison Mines Limited	2200
Eldorado Resources Limited (Rabbit Lake)	319
Key Lake Mining Corporation	427
Rio Algom Limited (Quirke)	1069
(Panel)	669
(Stanleigh)	818
Total	5811

[a] as of December 31, 1984.

Additional Production Possibilities

In addition to the existing operations summarized in Table 2 and described above, several projects could become sources of uranium production before the end of the 1990s, should market conditions warrant.(3) These projects are summarized in Table 4.

Development work at some of these projects has been deferred pending an improvement in the uranium market (e.g., Milliken-Lacnor-Nordic, Midwest Lake, and Kitts-Michelin). Activity at the two British Columbia projects (Birch Island and Blizzard), was suspended in early 1980 because of the imposition of a seven-year moratorium on uranium exploration and mining by the provincial government.

TABLE 4. Possible Future Uranium Production Centres

Project and property location	Operating company	Deposit type
ONTARIO		
Milliken-Lacnor-Nordic Project, Elliot Lake, Ont.	Rio Algom Limited	Conglomeratic
SASKATCHEWAN		
Cigar Lake Project, Cigar Lake, Sask.	Cigar Lake Mining Corporation	Unconformity related
Dawn Lake Project, Dawn Lake, Sask.	Saskatchewan Mining Development Corporation	Unconformity related
McClean Lake Project, McClean Lake, Sask.	Canadian Occidental Petroleum Limited	Unconformity related
Midwest Lake Project, Midwest Lake, Sask.	Esso Minerals Canada	Unconformity related
OTHERS		
Birch Island Project, Birch Island, B.C.	Consolidated Rexspar Minerals & Chemicals Limited	Volcanogenic
Blizzard Project, Beaverdell, B.C.	Norcen Energy Resources Limited	Surficial
Kitts-Michelin Project, Makkovik, Nfld.	Brinco Limited	Vein and Volcanogenic
Lone Gull Project, near Baker Lake, N.W.T.	Urangesellschaft Canada Limited	Unconformity related

Exploration drilling or pre-feasibility studies were continued on the Dawn Lake, McClean Lake, Cigar Lake and Lone Gull projects, but no firm plans for production have been made. A number of these projects will eventually reach the production stage.

Of particular significance was the announcement by SERU Nuclear (Canada) Limited* in early 1983 of its Cigar Lake discovery in the Waterbury Lake project. Drilling to delineate the deposit continued through 1983 and 1984 (see section on Uranium Exploration Activities) and on May 16, 1985, the Cigar Lake Mining Corporation (CLMC) was established as the consortium that will develop the deposit.

CLMC must first identify a suitable underground mining method and milling process, and complete an environmental impact study. Reportedly some $4 million will be spent on this development work during 1985-86. The weakness of the ground rock surrounding the ore zone and the radiation levels associated with such high-grade ore must be dealt with effectively so as to provide a safe working environment. The project partners are SMDC (50.75%), COGEMA (32.625%), Idemitsu Uranium Exploration Canada Ltd. (12.875%), and Corona Grande Exploration Corporation (3.75%), a wholly owned COGEMA company.

Projected Production Capabilities

To provide an illustration of uranium availability in the short term, a projection of Canadian production capability to 1995 was made as shown in Table 5 and Figure 4. It can be characterized as an illustration of firm production capability. It is based on existing production centres only, as listed in Table 2. The projection assumes levels of production that can be practically and realistically achieved under current circumstances. Actual levels of production from these centres will depend on operational variables, and could be different from the capabilities projected.

Only resources in the measured, indicated and inferred categories, in the A plus B price range (recoverable at uranium prices of $150/kg U or less), were incorporated into the projection. The lives of these production centres could be extended, in certain cases, by the exploitation of associated higher priced resources, or through additions of resources in the A plus B price range resulting from continued exploration and development work. No commitments have been made for the start-up of any production centres beyond those currently in operation.

TABLE 5. Canadian Uranium Production Capability From Existing Production Centres

Year	Tonnes U contained in concentrates
1985	11 500
1986	12 000
1987	12 000
1988	12 000
1989	12 000
1990	12 000
1991	12 000
1992	11 700
1993	11 500
1994	11 000
1995	11 000

* Name changed in 1984 to COGEMA Canada Limited.

CANADIAN URANIUM PRODUCTION CAPABILITY COMPARED WITH ESTIMATED DOMESTIC REQUIREMENTS

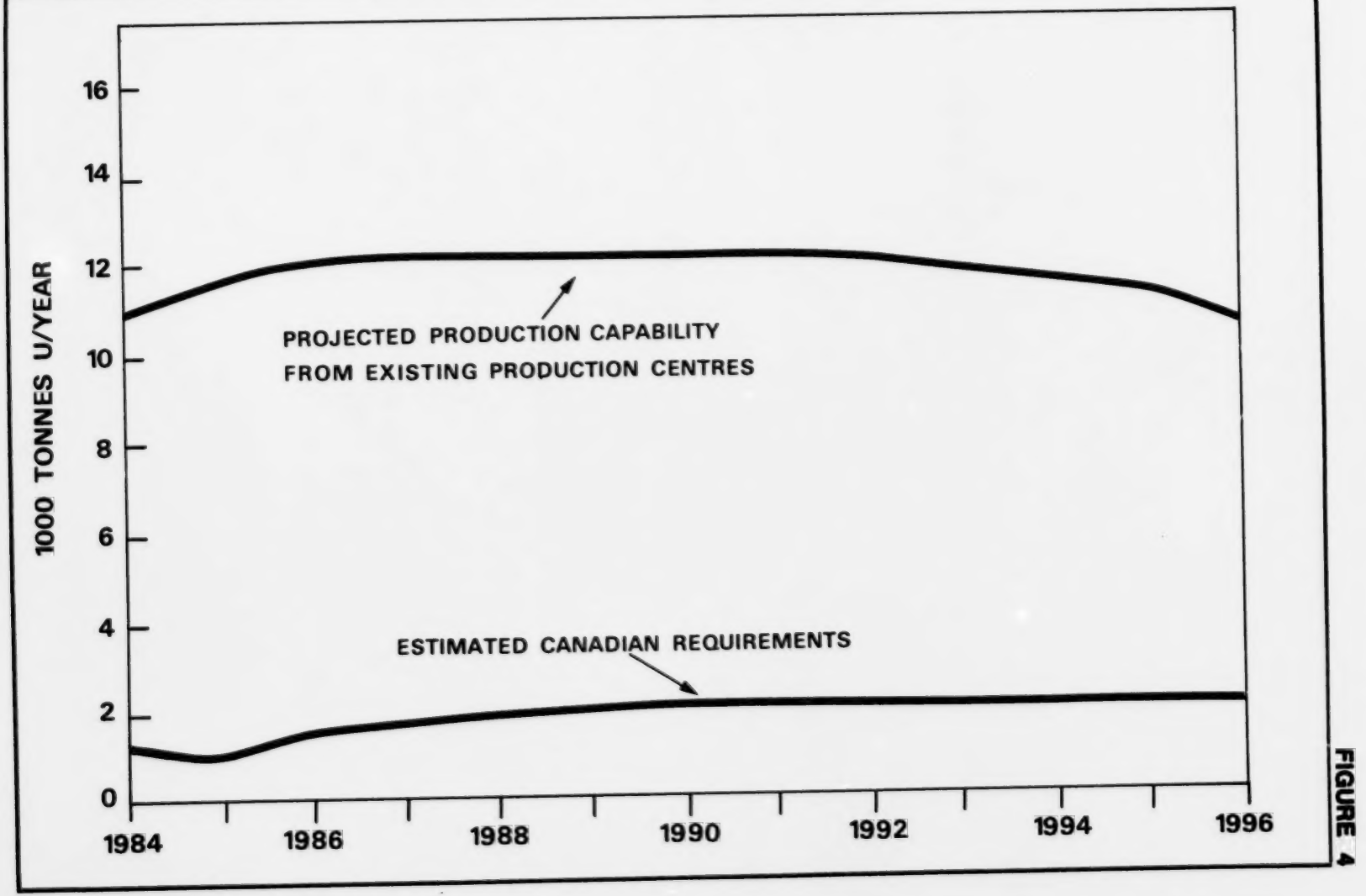
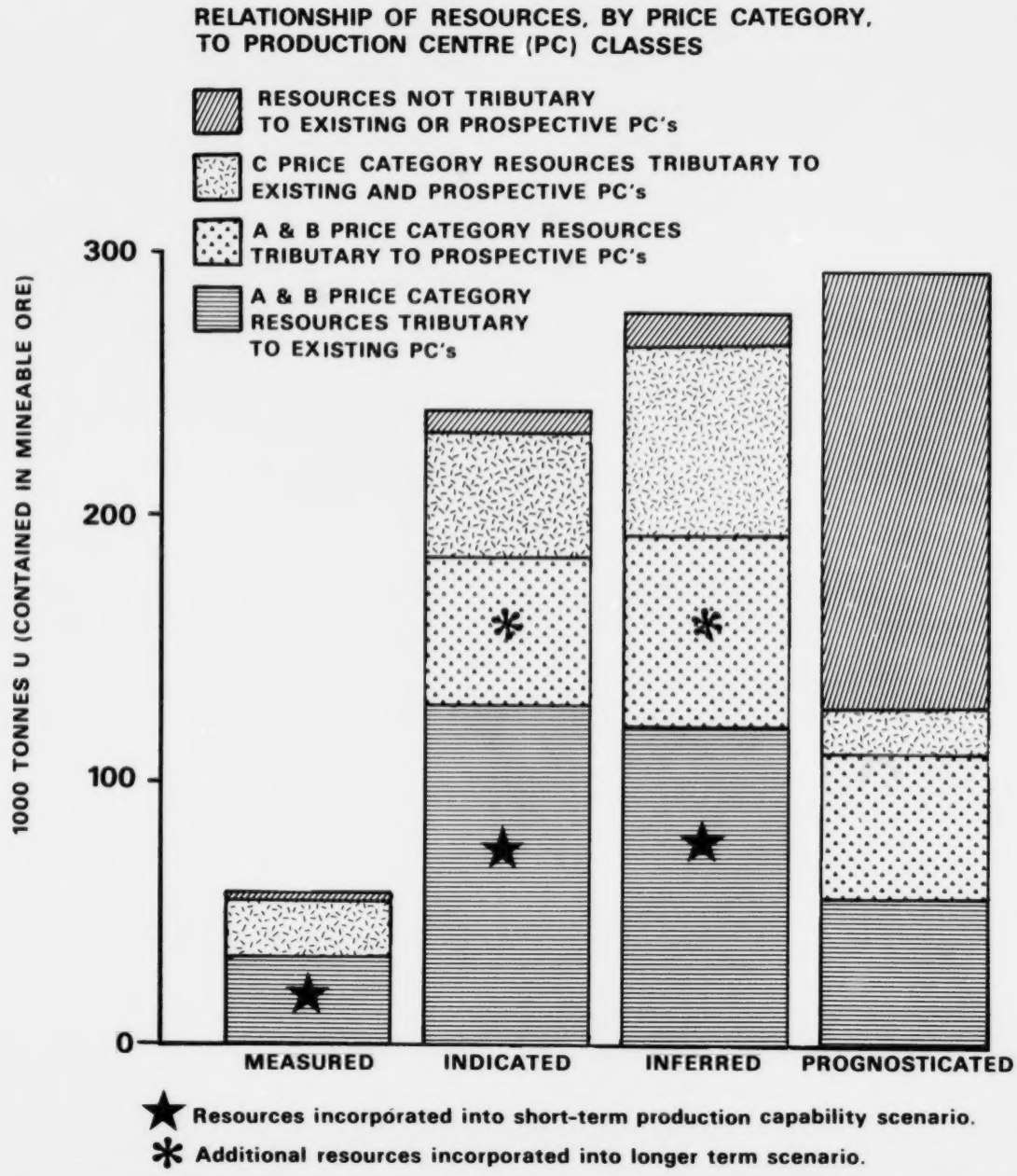


FIGURE 4

Figure 5 illustrates the total quantity of Canada's mineable uranium resources subdivided into four resource categories. Each category is further subdivided on the basis of a consideration of production centre class, uranium price and the proximity of the resources to the production centres. Those quantities highlighted by a star represent Canada's known, lower cost resources tributary to existing production centres; these quantities were used to determine the production capability scenario shown in Figure 4. It is readily apparent that significant tonnages of uranium, either in the higher cost category or associated with prospective production centres, remain available for future exploitation. Moreover, the possibility of augmenting these resources through further discoveries is excellent, as reflected by estimates of resources in the prognosticated category (see Part Two, Supply Sources).

FIGURE 5

URANIUM RESOURCES IN CANADA AS OF DECEMBER 31, 1984



2. REQUIREMENTS

a) Domestic Nuclear Power Program

Canadian uranium policy requires that sufficient uranium be reserved for domestic use to enable each nuclear power reactor currently on stream, or planned to come on stream within the next 10 years, to operate at an average annual capacity factor of 80 per cent for 30 years from 1985, or from the in-service date of the nuclear unit, whichever is later.

The determination of these uranium requirements is based on the estimates of installed nuclear generating capacity shown in Table 6. As of mid-year 1985, a total of 15 227 MWe of nuclear power capacity was either operating or committed for operation by 1995. In addition to the 15 227 MWe of capacity committed for operation, a second unit at Lepreau is envisaged, which would bring total installed capacity to 15 862 MWe by the year 1995.

TABLE 6. Nuclear Power Plants in Canada[a]

Reactors	Owner	Net capacity (MWe)	In-service dates
Pickering 1 to 4	Ontario Hydro	2060	1971-73
Bruce 1 to 4	Ontario Hydro	3016[r]	1977-79
Point Lepreau	New Brunswick Electric Power Commission	635	1983
Gentilly 2	Hydro-Québec	638	1983
Pickering 5 and 6	Ontario Hydro	1032	1983-84
Pickering 7	Ontario Hydro	516	1985
Pickering 8	Ontario Hydro	516	1985[e]
Bruce 6	Ontario Hydro	815[r]	1984
Bruce 5	Ontario Hydro	815[r]	1985
Bruce 7 and 8	Ontario Hydro	1660[r]	1986-87[e]
Darlington 1 to 4	Ontario Hydro	3524	1988-92[e]
Total net capacity expected by 1993		15 227 MWe	

[a] as of July 1985.

[r] revised; [e] expected.

Uranium requirements for the reactors represented by this 15 862 MWe of capacity, assessed on the basis of the fuel utilization design values for existing stations, are estimated to be some 67 000 tU for the prescribed 30 years. The introduction of improved burn-up characteristics could reduce these requirements by about 15 per cent. Annual requirements, including first cores for future reactors, are expected to grow from some 1300 tU/year in 1984 to approximately 2140 tU/year in 2000, as shown in Table 7.

TABLE 7. Estimated Annual Canadian Uranium Requirements[e]

Year	Tonnes U	Year	Tonnes U
1983[a]	1390	1988	1780
1984[a]	1300	1989	1910
1985	960	1990	2080
1986	1710	1995	2140
1987	1740	2000	2140

e Estimated fuelling requirements for the nuclear power programs of Ontario Hydro, Hydro-Québec, and the New Brunswick Electric Power Commission. Requirements for 1985 reflect oversupply in 1983 and 1984.

a actual.

A measure of domestic uranium resource adequacy is derived by comparing the 67 000-tonne domestic requirement calculated as described above with resource estimates for all Canadian uranium producers that are marketing uranium. For this purpose, only resources in the measured, indicated and inferred categories, recoverable at prices of $150/kg U or less, that is, A plus B price categories, are considered. Moreover, the measured, indicated and inferred tonnages are adjusted with weighting factors of 1.0, 0.8 and 0.7, respectively, in recognition of the lower level of confidence that is placed (by definition) in the latter two categories. As of December 1984, Canada's aggregate Total Adjusted Recoverable Reserves (TARR), derived in this manner, were some 210 000 tU.

A comparison of the calculated 30-year domestic fuel requirement with Canada's estimated TARR indicates that some 143 000 tU are theoretically available for export, as illustrated in the first column of Figure 6. However, taking existing contract commitments into account, the surplus actually available for export under new contracts is reduced to about 63 000 tU, as shown in the second column of Figure 6.

b) Uranium Sales Commitments

Most of Canada's domestic needs for the short term are those required for the Ontario Hydro nuclear power program. Ontario Hydro's two principal uranium supply contracts were approved by the Government of Ontario in February 1978. These contracts, which are with Denison Mines Limited and Rio Algom Limited, will satisfy the bulk of Ontario Hydro's needs to the early part of the next century, with deliveries scheduled to continue until 2012 and 2020, respectively. Contracts are either in place or are under negotiation relating to most of the remaining domestic requirements to the end of the century. Total outstanding domestic commitments, as of early 1985, were more than 77 000 tU.

Canadian producers shipped an estimated 9693 tU in 1984 valued at $916 million. Over 85 per cent of these shipments were destined for the export market. The average price of export deliveries in 1984 was $Cdn 90/kg U. The spot market had a significant impact on the average price, as more than 25 per cent of export deliveries in 1984 were under spot sales, compared with 10 per cent in 1983 and only 1.5 per cent in 1982.

The relative importance of Canada's uranium export customers is illustrated in Table 8: during the period September 5, 1974 to December 31, 1984 contracts totalling almost 104 000 tU had been reviewed and accepted by the federal government. The year-end 1984 total reflects scheduled deliveries under more than 110 contracts, over one third of which remain active.

TABLE 8. Uranium Under Export Contracts Reviewed[a] Since September 5, 1974

Country of buyer	Tonnes U
Belgium	3 030
Finland	3 510
France	9 390
Italy	1 120
Japan	22 740
South Korea	5 140
Spain	3 940
Sweden	5 310
Switzerland	150
United Kingdom	7 700
United States	30 360
West Germany	11 580
Total	103 970

[a] Reviewed and accepted under Canadian uranium export policy. Totals adjusted to reflect new and amended contracts, as of December 1984.

FIGURE 6

CANADIAN URANIUM REQUIREMENTS, SUPPLY COMMITMENTS, AND AVAILABLE SURPLUS AS OF DECEMBER 31, 1984

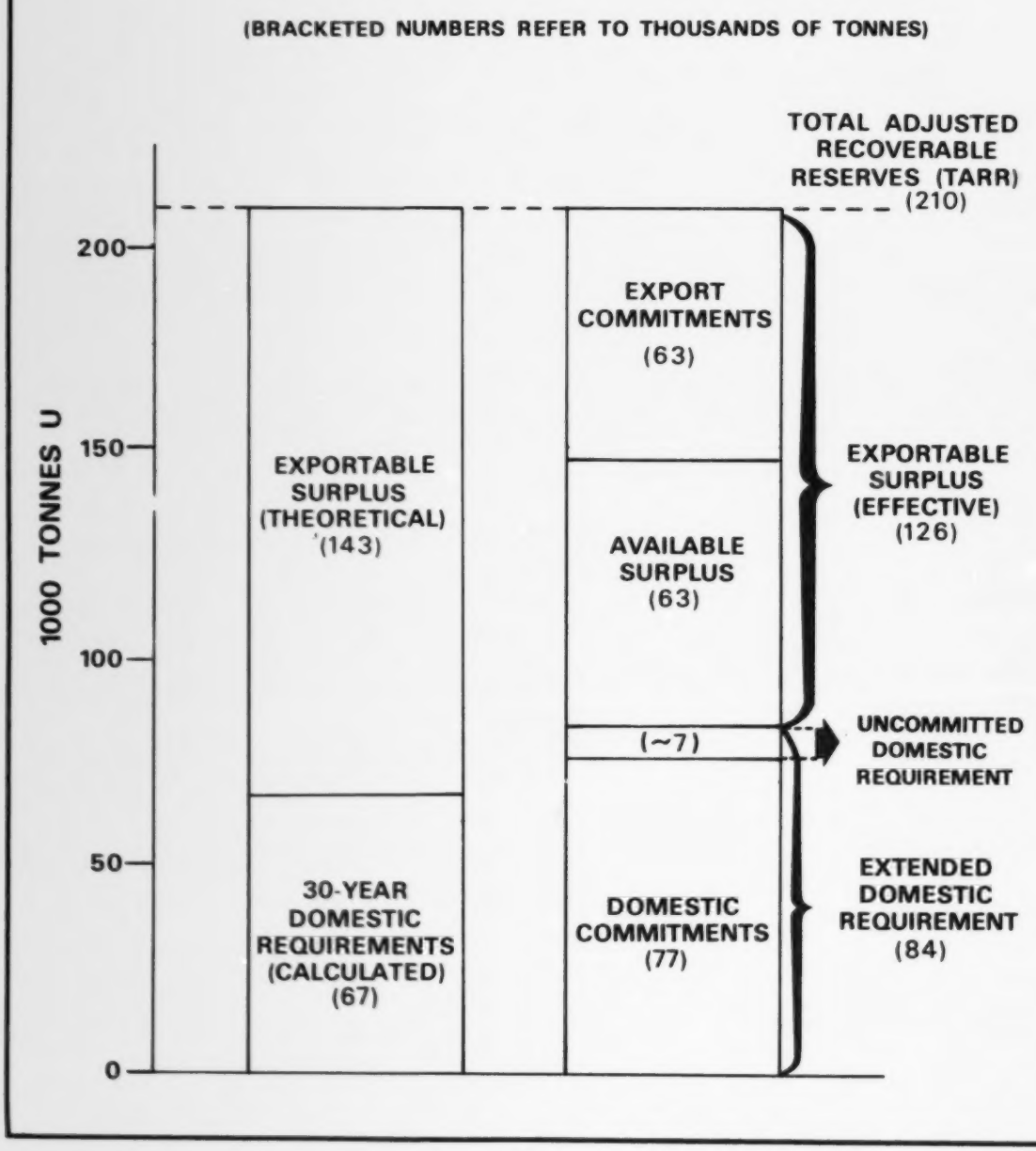


TABLE 9. Exports of Uranium of Canadian Origin

Country of final destination	Tonnes of contained uranium[a]		
	1982	1983	1984
Belgium	85	-	121
Finland	96[r]	179	137
France	-	435	525
Italy	143	-	50
Japan	718	663	2436
South Korea	74	94	30
Spain	110	-	-
Sweden	889	613[r]	254
United Kingdom	379	675[r]	692
United States	4852[b]	860[r]	2397
West Germany	471	490	295
Total	7817[r]	4009[r]	6937

a Some of this uranium was first exported to intermediate countries, namely France, USA and USSR, for enrichment and then forwarded to the country of final destination.

b The bulk of this material represents uranium exchanged by Eldorado Resources Limited in the purchase of the Rabbit Lake operation.

r revised.

Source: Atomic Energy Control Board

Total forward export commitments are approximately 63 000 tU, to be delivered over the period 1985 to 2003. Actual exports in 1984 totalled some 6937 tU, primarily to the United States, Western Europe and Japan (see Table 9).

As shown in Figure 7, Japan has been Canada's most important single customer, accounting for about 37 per cent of Canada's scheduled deliveries since the beginning of the commercial contract era. Most of the remaining exports have gone to the European Economic Community (31 per cent), the United States (18 per cent), and other countries in Western Europe (13 per cent). The future importance of these Canadian markets can be illustrated in terms of scheduled forward commitments.

February 1986

Dear Reader:

The Uranium in Canada assessments are prepared on a regular basis by the Uranium Resource Appraisal Group of Energy, Mines and Resources Canada. To assist us in updating our mailing list and in considering improvements in future reports, we would appreciate it if you would complete the questionnaire overleaf and forward it to the address shown below.

Director General
Uranium and Nuclear Energy Branch
Energy Commodities Sector
Energy, Mines and Resources Canada
580 Booth Street
Ottawa, Ontario
K1A 0E4

PART A

Name: _____

Title: _____

Affiliation: _____

Mailing Address: _____

_____

_____

Postal Code: _____

PART B - Check ( ) appropriate space	HIGH	MODERATE	LOW	NO INTEREST
How do you rate this report for informing you on the following subjects?				
- Exploration	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
- Resources	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
- Supply Capability	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
- Marketing and Exports	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
- World Supply and Demand	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
- Government Policy	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
How do you rate your interest in the short-term (10-year) perspective of this report?	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
How do you rate your interest in the long-term (10-year plus) perspective of this report?	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
How do you rate the importance of the tabular and statistical data contained in the report?	[ ]	[ ]	[ ]	
How do you rate the importance of the narrative information contained in the report?	[ ]	[ ]	[ ]	
How do you rate the overall usefulness of this report as a reference document?	[ ]	[ ]	[ ]	

Please suggest any changes that would be of value to you in future reports.

February 1986

Dear Reader:

The Uranium in Canada assessments are prepared on a regular basis by the Uranium Resource Appraisal Group of Energy, Mines and Resources Canada. To assist us in updating our mailing list and in considering improvements in future reports, we would appreciate it if you would complete the questionnaire overleaf and forward it to the address shown below.

Director General
Uranium and Nuclear Energy Branch
Energy Commodities Sector
Energy, Mines and Resources Canada
580 Booth Street
Ottawa, Ontario
K1A OE4

PART A

Name: _____

Title: _____

Affiliation: _____

Mailing Address: _____

_____

_____

Postal Code: _____

PART B - Check ( ) appropriate space	HIGH	MODERATE	LOW	NO INTEREST
How do you rate this report for informing you on the following subjects?				
- Exploration	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
- Resources	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
- Supply Capability	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
- Marketing and Exports	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
- World Supply and Demand	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
- Government Policy	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
How do you rate your interest in the short-term (10-year) perspective of this report?	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
How do you rate your interest in the long-term (10-year plus) perspective of this report?	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
How do you rate the importance of the tabular and statistical data contained in the report?	[ ]	[ ]	[ ]	
How do you rate the importance of the narrative information contained in the report?	[ ]	[ ]	[ ]	
How do you rate the overall usefulness of this report as a reference document?	[ ]	[ ]	[ ]	

Please suggest any changes that would be of value to you in future reports.

FIGURE 7

SCHEDULED DELIVERIES OF CANADIAN URANIUM FOR THE EXPORT MARKET

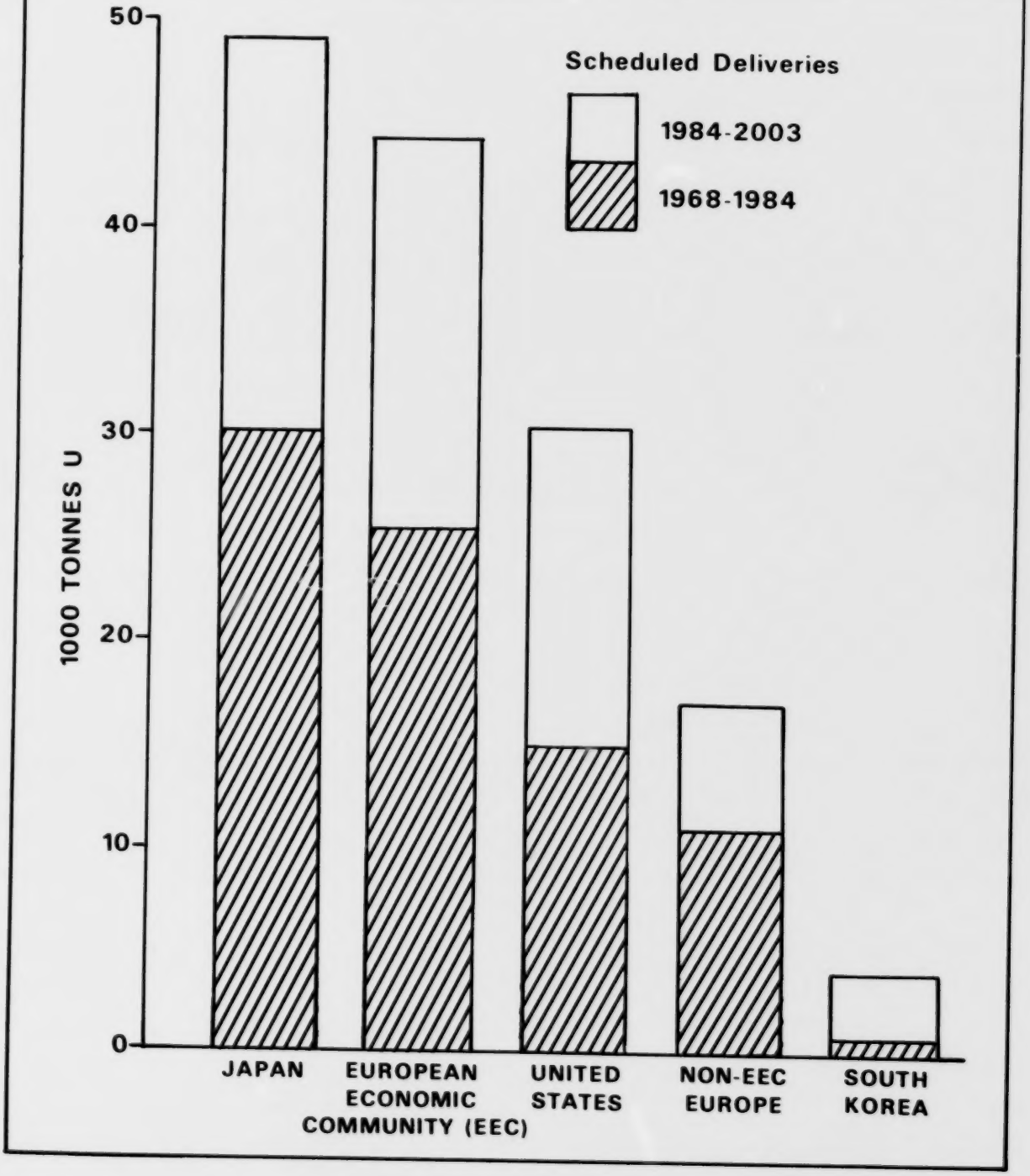


TABLE 10. Estimates of Canada's Prognosticated Resources of Uranium Contained in Mineable Ore[a]

Price ranges within which mineable ore is assessed[b]	Thousands of tonnes of uranium	
	1984[b]	1982[c]
A	82	[179]
B	121	[102]
C	89	[187]
A + B + C	292	[468]

a Uranium recoverable from such ore will be less because of ore-processing losses (Appendix 1).

b For the 1984 assessment, the price ranges were (A) $100/kg U or less, (B) $100 to $150/kg U and (C) $150 to $300/kg U.

c The bracketed figures are from the 1982 assessment, in which price ranges were (A) $115/kg U or less, (B) between $115 and $170/kg U and (C) between $170 and $340/kg U.

PART 2. LONGER TERM PERSPECTIVE

1. SUPPLY

a) Supply Sources

The measured, indicated and inferred resources described in Part I of this report will continue to provide a base for Canadian production beyond the turn of the century. Although deposits at some existing production centres will have been depleted by that time, resources at others are sufficient to permit production into the next century. Several of the recently discovered deposits in northern Saskatchewan may also be developed for production before the end of the century. The higher priced (C price category) portion of Canada's known resources, which is not considered in the production capability scenario described in Part I, could also supplement production, should market conditions warrant.

Beyond these resources there is significant potential for additional discoveries. During 1984 this potential was evaluated for more than 60 uranium-bearing areas in Canada, and both prognosticated and speculative resources were estimated for these regions.

It is important to emphasize the distinction between these two types of 'undiscovered' resources. The prognosticated category refers to uranium that is expected to exist in well defined geological trends containing known deposits. The speculative category refers to uranium that is thought to exist in unexplored areas or in areas where only occurrences are known. A relatively higher degree of confidence can be placed in estimates of the first type of undiscovered resources, because of their proximity to, or close association with, identified and well delineated deposits.

Prognosticated Resources

Estimates of Canada's prognosticated resources of uranium are presented in Table 10, together with the 1982 estimates.

The 1984 URAG assessment of prognosticated resources resulted in a significant restructuring of the estimates, in terms of geological type, economic exploitability and location. Two principal factors influenced this restructuring. One was the continued successful delineation of recent discoveries in Saskatchewan, which confirmed earlier estimates of potential, through transfers of resources from prognosticated to inferred, and indicated categories. The other was the continued decline in uranium prices and upward pressure on production costs. This resulted in a shifting of some prognosticated resources into higher price categories and the elimination of certain low-grade material from the overall total estimates.

Almost 60 per cent of Canada's prognosticated resources are now in Saskatchewan, compared with 50 per cent in 1982 and 30 per cent in 1980; Ontario now accounts for only 6 per cent of the total, compared with 19 per cent in 1982 and 38 per cent in 1980. The importance of the Northwest Territories remains about the same, with 18 per cent of the total.

It is clear from the foregoing that Proterozoic deposits of the unconformity-related type have become primary exploration objectives. Some 60 per cent of Canada's total prognosticated resources are attributable to this type of deposit, primarily in northern Saskatchewan and the Northwest Territories. Significant additions have been made to estimates in the prognosticated category for

areas in the Athabasca Basin, as a result of the successful exploration effort over the last several years.

Conglomeratic-type deposits are of declining importance, representing less than 10 per cent of the total in the prognosticated category, and are largely located in the Elliot Lake area of Ontario.

Of particular interest is the potential for the discovery of additional vein-type deposits in the Appalachian Orogen.

Less than 30 per cent of the prognosticated resources has been assigned to the A price category, that is, resources of current economic interest. Virtually all of this potential is in Saskatchewan and is associated with high-grade Proterozoic unconformity-related deposits. Additional potential of this deposit type has been assigned to a higher price category (note increase in B price category), because of uncertainties associated with the cost of exploiting such resources when they are not amenable to mining by open-pit methods. All of the prognosticated resources of conglomeratic type and essentially all of the potential in the Northwest Territories have been assigned to the C price category because of a combination of low grades and remote location.

Speculative Resources

Many other areas of Canada are favourable for the occurrence of uranium resources in addition to those that are associated with known uranium deposits. Estimates of speculative resources were made during the 1984 assessment for 12 major regions of Canada. Judgments were based on Canada's past production, on distribution of known uranium deposits, and on interpretation of geological features according to conceptual models simulating formation of main types of uranium deposits.(4) Areas favourable for uranium mineralization, including those that were evaluated by URAG, are shown in Figure 8.

It was concluded that speculative resources, additional to resources in the measured, indicated, inferred and prognosticated categories, may amount to approximately 1 million tonnes of uranium. These resources would be geologically comparable to resources in known deposits that are judged to be mineable at a price of $300/kg U or less. Further resources might exist in areas that have not yet been assessed. It is essential to recognize that a tonnage estimate applied to speculative resources is very qualitative, as it is the result of a probabilistic exercise involving many subjective assumptions, a wide range of uncertainties and an incomplete data base.

The bulk of these speculative resources, about 60 per cent, is believed to occur in unconformity-related deposits. Areas of particular promise are those along the pre-Athabasca unconformity in the Athabasca Basin and adjacent areas of northern Saskatchewan, and in the Thelon Basin area of the Northwest Territories. The sub-Sibley unconformity in the Nipigon area of Ontario and some areas in eastern Canada are also of interest.

Vein deposits account for over 10 per cent of Canada's speculative resources. The bulk of the vein-type deposits is expected to occur in the Appalachian Orogen of Atlantic Canada.

FIGURE 8

AREAS IN CANADA
FAVOURABLE FOR THE
OCCURRENCE OF
URANIUM DEPOSITS
OCEAN
ATLANTIC
PACIFIC OCEAN
HUDSON BAY
HUDSON
PLATFORM
PRECAMBRIAN
ARCTIC
COASTAL PLAIN
MACKENZIE
SOUTHERN

Sandstone uranium deposits account for less than 10 per cent of Canada's speculative resources. Indications of this type of mineralization exist in the Phanerozoic basins of Atlantic Canada and in those containing continental sandstones, for example, in the Kelowna-Beaverdell area of the Cordillera.

A very small proportion of Canada's speculative resources is associated with environments favourable for deposits with disseminated uranium mineralization in granitic-syenitic terranes of the Canadian Shield and in the Cordillera. Areas of particular interest are in the Grenville Structural Province of Ontario and Quebec.

Although conglomeratic uranium deposits account for a large part of Canada's currently identified uranium resources, the potential for additional resources of this type is not believed to be large.

Interesting new geological environments have been identified that are analogous to important uranium-bearing regions elsewhere in the world. Of particular significance are: the Precambrian terranes of the Wernecke-Ogilvy Mountain area in the central Yukon, which are similar to the Adelaide geosyncline and adjacent areas of South Australia where the Mt. Painter, Radium Hills and Roxby Downs uranium deposits occur; areas in the central Cordillera of British Columbia that are favourable for the occurrence of volcanogenic-type uranium deposits, similar to those found in the northwestern United States, Mexico, Italy, China, Argentina, Australia, Turkey, Bolivia and the U.S.S.R.; and the Millet Brook area of Nova Scotia, which can be compared directly with the famous La Crouzille district in the Hercynian granites of central France. There is potential for the discovery of uranium mineralization in eastern Canada in geological environments similar to that of the Swanson deposit, in Virginia, in the United States, and of so-called 'young uranium' deposits in western and eastern Canada.

The assessment of Canada's speculative resources has been facilitated to a great extent by the availability of regional geochemical and radiometric data assembled by the Geological Survey of Canada (GSC) under the federal-provincial Uranium Reconnaissance Program (URP), which was conducted from 1975 to 1979. All data gathered during the program were publicly released by late 1979. Since then, geochemical programs have been conducted on a regional basis by certain provincial governments, and from time to time by the GSC. The GSC has continued to acquire a limited amount of airborne gamma-ray spectrometric data in support of geological mapping.

During 1984, the federal government initiated new mineral development agreements with the provinces of Newfoundland, Nova Scotia, New Brunswick, Manitoba and Saskatchewan. These include multi-element regional geochemical surveys of the type initiated under URP and also some additional radiometric flying. Total expenditures and coverage of government-sponsored radiometric and geochemical surveys are shown in Table 11.

TABLE 11. Total Expenditures and Coverage of Government-Sponsored Radiometric and Geochemical Surveys

Year	Area covered		Expenditures[a]		
	Radiometric	Geochemical[b]	Radiometric	Geochemical	Total
	(km^2)		($ million)		
Pre-77	1 060 000[c]	514 000	3.897	3.593	7.490
1977	487 000[c] 3 000[d]	265 000	2.523	2.277	4.800
1978	433 000[c] 2 500[d]	254 000	2.634	2.182	4.816
1979	13 000[c] 17 000[d]	75 000	0.270	0.785	1.055
1980	63 000[c] 8 500[d]	47 000	0.206	0.470	0.676
1981	- 7 500[d]	74 000	0.112	0.540	0.652
1982	60 000[c] 17 500[d]	94 000	0.442	0.750	1.192
1983	19 500[c] 22 500[d]	99 000	0.397	0.784	1.181
1984	75 500[c] 22 000[d]	96 000	0.616	0.647	1.263
1985[e]	- 37 000[d]	144 000	0.641	1.140	1.781
Total	2 348 500	1 662 000	11.738	13.168	24.906

a In Canadian $ for the survey year, includes federal and provincial funding.
b Includes provincial surveys to National Geochemical Reconnaissance (NGR) standards.
c 5-km line spacing.
d 1-km line spacing.
e estimate.

Note: It should be noted that these surveys have been designed since their inception for the purpose of assisting mineral exploration and geological mapping in general, in addition to their specific relevance to uranium.

Uranium Exploration Activities

In terms of the level of total expenditures, overall uranium exploration activity in Canada declined in 1984 for the fourth consecutive year. However, exploration drilling increased by 20 per cent from the previous year as activities were concentrated on established properties. Responses to the 1984 URAG questionnaire revealed the exploration activities of 45 companies or joint ventures, which represent essentially all the major participants active in uranium exploration in Canada. The survey indicates that total expenditures reached $35 million in 1984, distributed among some 84 active projects.

Uranium exploration activity during 1984 was again almost exclusively limited to Saskatchewan, the Northwest Territories and Quebec.

Of particular significance as a boost to the uranium exploration industry was the announcement in March 1983 by SERU Nuclear (Canada) Limited (COGEMA), operator of the Waterbury Lake joint venture in the eastern Athabasca Basin of Saskatchewan, that significant uranium mineralization had been discovered at Cigar Lake, some 115 km northeast of Key Lake. Drilling to delineate the discovery further continued throughout 1983 and 1984.

In January 1985, COGEMA reported that the Cigar Lake orebody contained an estimated 110 000 tU in ore grading 12 per cent U. Additional inferred resources in the western extension of the deposit were estimated at 40 000 tU in ore grading 4 per cent U. Drilling has extended the strike length of the zone of mineralization to more the 1850 m, over widths from 25 m to 115 m and thicknesses from 1 m to 20 m. The orebody is located at a depth of 410 m to 440 m. High-grade material averaging up to 32 per cent U across 19 m has been intersected. It is important to emphasize that the company's resource estimates are expressed in terms of in-situ geological resources, with no deductions made for expected losses during mining and ore processing.

Northeast of Cigar Lake, equal partners Canadian Occidental Petroleum Ltd. and Inco Limited proposed a follow-up to the conceptual study that Inco completed in December 1982 for the underground mining of their McClean deposits. These occur at depths varying from 150 m to 175 m and are estimated by the company to contain in excess of 5000 tU. Although approval for an Underground Exploration Permit from the Atomic Energy Control Board was granted by the end of 1983, the testing of the proposed mining method did not get underway during 1984. In February 1985, Canadian Occidental and Inco announced the signing of an agreement with Minatco Limited, a wholly-owned subsidiary of Total Compagnie Minière of France, granting Minatco an option to earn a one-third interest in their McClean and JEB deposits. As operator, Minatco is to commit $23 million to extensive exploration and a feasibility study for commercial production. The first phase of the exploration program requires Minatco to spend $1 million during 1985 and another $4 million before 1989.

The continued exploration effort in the eastern part of the Athabasca Basin of Saskatchewan has resulted in the discovery of significant new uranium mineralization associated with the known structural trends. These discoveries have not only confirmed URAG's previous appraisals, which forecast a high potential for uranium deposits in this area, but have also led to a more complete assessment of the Inner Segment of the Athabasca Basin.

In the Carswell Structure, a conceptual model of the genesis of mineralization not associated directly with the sub-Athabasca unconformity resulted in both the definition of new exploration targets and the delineation of additional uranium resources. The discovery of the Dominique-Janine deposit, which is mineable by open-pit methods, has enhanced the resource base in that area.

The extrapolation of geological knowledge from studies of the Lone Gull deposits permitted the delineation of areas favourable for uranium mineralization in the Thelon Basin, Northwest Territories. Urangesellschaft Canada Limited discovered two new zones in the vicinity of their Lone Gull property in the Baker Lake area.

The discovery of uranium resources in Virginia in the United States prompted renewed exploration interest in eastern Canada. Drilling efforts were also increased in Quebec as studies of uranium metallogeny point to the correlation of occurrences in various parts of the Circum-Ungava Geosyncline.

In general, the efficiency of the Canadian uranium exploration effort has been increased through the application of advanced geological, geochemical and geophysical survey methods. The introduction of computerized data bases, improved exploration strategies using conceptual modelling for selecting exploration targets, and the combination of airborne and ground exploration methods have contributed to recent exploration successes.

Table 12 summarizes uranium exploration drilling and surface development drilling activity* from 1976 to 1984. As through most of the early 1980s, virtually all the surface development drilling in 1984 was associated with recent discoveries in Saskatchewan, and essentially no exploration drilling was done outside Saskatchewan, the Northwest Territories and Quebec. In total, some 197 000 m of drilling was completed in 1984; preliminary estimates for 1985 indicate that drilling activity will be in the order of 160 000 m.

* 'Exploration drilling' refers to drilling done in search for new uranium deposits or extensions to known uranium deposits and to drilling at the location of a discovery up to the time that the company decides that sufficient ore has been delineated to justify commercial exploitation. 'Surface development drilling' refers here to drilling subsequently done to determine more precisely a deposit's size, grade and configuration, and excludes development drilling on producing properties.

TABLE 12. Uranium Exploration Drilling and Surface Development Drilling Activity in Canada, 1976 to 1984

Province or territory	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
	(thousands of metres)								
Saskatchewan	80.8	192.4	233.4	326.6	368.6	300.7	213.5	120.5	165.8
Northwest Territories	9.0	14.3	18.9	45.6	55.1	22.6	21.5	17.6	17.1
Quebec	14.1	35.9	21.2	19.5	24.1	18.5	12.4	13.4	14.1
Nova Scotia	1.6	1.9	9.7	13.9	16.4	9.3	0.0	0.0	0.0
Ontario	21.6	24.7	11.0	24.2	11.1	3.0	0.0	1.4	0.0
New Brunswick	1.8	4.1	2.8	3.6	9.1	1.0	0.0	0.0	0.0
Newfoundland	15.3	6.1	6.8	20.6	8.1	2.7	0.0	0.0	0.0
Manitoba	1.4	0.0	0.0	2.3	2.9	0.4	0.0	0.0	0.0
Alberta	1.1	3.9	3.9	1.7	1.7	0.6	0.0	0.0	0.0
Yukon Territory	0.7	0.6	0.4	5.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
British Columbia	4.2	18.1	25.4	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Unspecified	3.4	2.1	0.4	1.4	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Totals (rounded)	155	304	334	483	503	359	247	153	197

A more all-inclusive measure of uranium exploration activity, however, is the level of total exploration expenditures.** Table 13 summarizes uranium exploration expenditures from 1976 to 1984.

In 1984, 45 companies or joint ventures were actively involved in uranium exploration in Canada; of this total 19 acted as project operators.

** Expenditures on exploration and surface development drilling and all other costs directly associated with uranium exploration activities, excluding land acquisition. Overhead charges not directly associated with such activities are not included.

TABLE 13. Uranium Exploration Expenditures in Canada, 1976 to 1984

Province or territory	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
	(millions of current Canadian dollars)								
Saskatchewan	13.3	35.3	43.6	70.5	77.2	60.8	47.9	27.3	24.8
Northwest Territories	10.7	13.8	17.0	26.4	29.1	23.6	13.2	7.3	6.4
Quebec	7.3	8.4	7.4	7.0	6.4	8.8	8.4	5.6	3.3
Nova Scotia	0.4	1.5	2.4	3.8	4.5	3.0	0.0	0.0	0.0
Newfoundland	2.1	2.3	2.8	6.8	3.7	1.6	0.3	0.4	0.4
Ontario	3.0	2.6	2.3	2.1	1.7	0.9	0.4	0.2	0.0
New Brunswick	0.6	1.0	1.2	2.3	1.4	0.8	0.2	0.2	0.0
Yukon Territory	0.8	0.8	1.0	2.7	1.3	0.7	0.3	0.0	0.06
Manitoba	0.3	0.4	0.2	0.6	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0
Alberta	1.1	1.0	1.1	1.6	1.0	1.1	0.0	0.0	0.06
British Columbia	1.1	2.2	7.0	3.9	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0
Unspecified	2.8	2.4	4.0	1.8	0.3	0.5	0.0	0.0	0.06
Totals (rounded)	44	72	90	130	128	102	71	41	35

The 10 most active organizations,* accounting for some 95 per cent of the $35 million total, were, in alphabetical order, AGIP Canada Ltd., Amok Ltd., COGEMA Canada Ltd., Eldor Resources Limited, Minatco Limited, PNC Exploration (Canada) Co. Ltd., Saskatchewan Mining Development Corporation (SMDC), Uranerz Exploration and Mining Limited, Urangesellschaft Canada Limited and Westmin Resources Limited. Five of those companies have been amongst the top 10 from 1979 to 1984, inclusive; another three have been represented since 1982.

Seven of the 10 operators listed above are companies that have their majority interests held outside of Canada and which are supported, directly or indirectly, by their national governments in their uranium exploration efforts.

Not all companies that responded to the URAG questionnaire had planned their exploration expenditures for 1985 at the time of the survey. However, it appears that expenditures for 1985 may approach $28 million.

Figure 9 illustrates the recent trends in corporate participation in Canadian uranium exploration. As measured by the actual level of expenditures committed in Canada, the most interesting revelation is the rather more gradual decrease in spending by non-U.S. foreign participants as compared with the quite severe decrease by U.S. and Canadian firms. The percentage share of the total exploration expenditures is shown on Figure 9 in brackets for each of the three corporate groups.

b) Uranium Availability

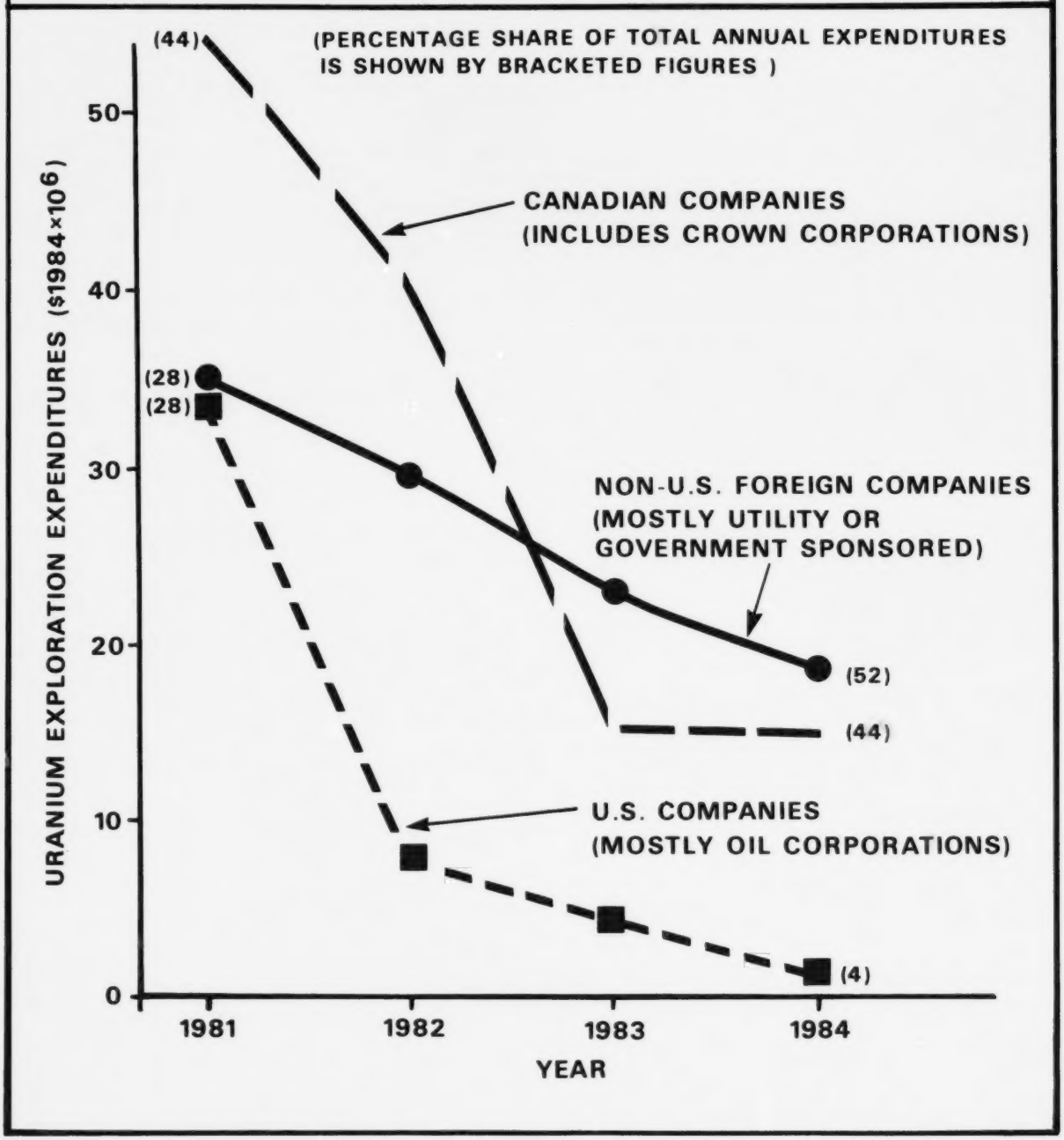
Uranium availability in the longer term will be dependent on a number of factors, the most important of which will be a continuing and developing demand for uranium. As noted above, known deposits associated with some existing production centres are capable of supporting significant output levels beyond 1995. In addition, prospective production centres could increase Canada's output level, should markets warrant their development.

---

* In certain cases, the identified operator company has reported the total expenditures of a joint-venture effort. Thus, contributions by other parties not responding to the URAG survey are accounted for in the $35 million total.

FIGURE 9

TRENDS IN URANIUM EXPLORATION EXPENDITURES IN CANADA



For the purpose of illustrating potential Canadian production possibilities over the longer term, two projections of production capability to the year 2025 have been prepared, as summarized in Table 14.* The low scenario is simply an extension of the short-term projection, based on existing production centres. It is pertinent to reiterate that only resources in the measured, indicated and inferred categories, in the A plus B price range (recoverable at uranium prices of $150/kg U or less), were incorporated into the projection. Production capability projected in the scenario would decline from some 12 000 tU/year beginning in the early 1990s, unless additional resources are identified to extend the lives of the production centres, or unless associated resources in the C price category are exploited. Resources that currently support these production centres would be depleted in the early part of the next century.

TABLE 14. Illustrative Long-Term Production Capability From Known Canadian Deposits

Year	Tonnes U contained in concentrates	
	Low scenario[a]	High scenario[b]
1985	11 500	11 500
1990	12 000	12 000
1995	11 000	15 000
2000	3 600	12 100
2005	2 800	8 300
2010	2 100	6 600
2015	0	4 500
2020	0	0
2025	0	0

[a] Projection is based on existing production centres only; output is derived from resources currently recoverable at a uranium price of $150/kg U or less.

[b] Projection is based on existing and prospective production centres; output is derived from resources currently recoverable at a uranium price of $150/kg U or less.

* The methodology is described in an EMR publication, Monitoring Canada's Uranium Supply.(5)

The higher scenario summarized in Table 14 takes into account additional production possibilities that might be envisaged, given favourable developments in the uranium market. This additional production would come from amongst the several prospective production centres that could be supported by known deposits, which were described in Part I of this report (see Table 4 and Figure 5). Given appropriate incentives, Canada's aggregate production capability could attain and perhaps exceed a level of 15 000 tU/year before the end of the century. At the projected rates of production, all of the known deposits being exploited in this higher scenario would be depleted before the year 2025.

Clearly any long-term projection is uncertain and so the 2025 scenario should be viewed only as a very qualitative illustration of possible production levels that could be supported by currently known deposits. If production is to be in excess of projected levels, it must come from production centres in addition to those described in Part I. Moreover, these production centres would need to be supported largely by new discoveries, the realization of which would involve considerable exploration and development effort on a timely basis. The potential for additional discoveries in Canada is excellent, as reflected in the estimates of prognosticated and speculative resources described above.

It is important to appreciate the long lead-times and inherent risks that are associated with uranium exploration activities. It is not uncommon for 15 years to elapse between the start of an exploration program and first production from a successful discovery. With this in mind, current exploration programs should be focussed on meeting the longer-term needs of Canada and its trading partners. A loss of exploration momentum now could jeopardize future supply opportunities.

2. REQUIREMENTS

a) Outlook for Nuclear Power Growth

The requirements for Canadian uranium in the longer term will depend on the growth in nuclear power capacity in the electricity generating systems of Canada and its trading partners. Nuclear energy is already making a significant contribution to electricity requirements in many countries. By the end of 1984, almost 182 000 MWe of nuclear capacity was installed in OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) countries, contributing some 18 per cent of their total generated electricity. Indeed, nine OECD countries will obtain more than 20 per cent of their electricity from nuclear energy in 1985 (see Figure 10). The province of Ontario has a share comparable to many of these countries, with more than one third of its current electrical generation being nuclear fuelled.(6)

Projections of installed nuclear power capacity have been revised downward in recent years as a result of lower expected rates of economic growth and efforts to introduce energy conservation measures in many countries. Despite these downward revisions, there continues to be steady growth in nuclear power's contribution to world electricity supply, with related increases in the requirement for nuclear fuel. Canada's total installed nuclear capacity in the year 2000 is expected to grow to some 16 000 MWe, requiring approximately 2100 tU per year. By that time nuclear energy will be providing about 17 per cent of Canada's electricity supply and about 60 per cent in Ontario. In OECD countries, installed nuclear power capacity is expected to grow to 368 000 MWe by the year 2000, increasing nuclear's overall share of electricity generation to almost 20 per cent. Related uranium requirements would grow from the current level of some 32 000 tU/year to more than 40 000 tU/year in the early 1990s and to almost 60 000 tU/year by the year 2000.(6) It is pertinent to note that OECD countries account for over 90 per cent of the world's* uranium requirements.

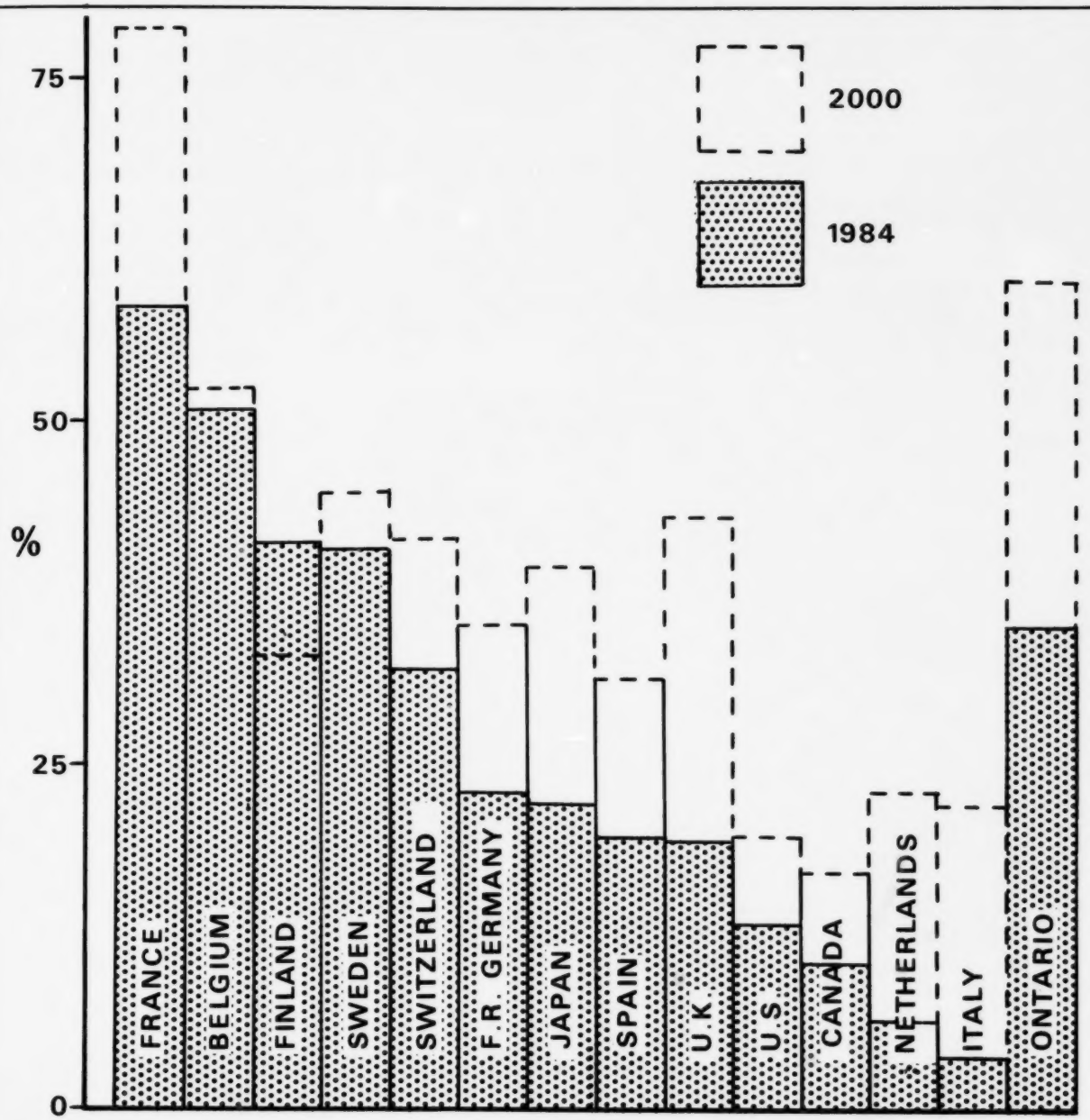
Considerable uncertainty and controversy remains about the role that nuclear power will play in world energy supply beyond the year 2000. There is a wide range of projections for nuclear power growth, depending on the rate of economic growth and related requirements for electricity, and the extent to which nuclear power will penetrate the electricity market. It is possible that total nuclear capacity installed in OECD countries could double or even triple between the years 2000 and 2025. There are numerous possibilities for varying the mix of reactor types that will be installed over this time period, which yield a broad range of projected uranium requirements. It is likely, however, that reactor types currently in commercial service will continue to predominate, and that uranium requirements will continue to increase at a modest but steady pace. Annual uranium requirements exceeding 100 000 tU, and perhaps even 200 000 tU by the year 2025, represent quite plausible projections.

---

* World, as used here, excludes the U.S.S.R., Eastern Europe and the People's Republic of China.

FIGURE 10

NUCLEAR SHARE OF ELECTRICITY GENERATED IN SELECTED COUNTRIES, 1984 AND 2000



Source: OECD, April 1985

b) Demands on the Uranium Producing Industry

Canada is among the leading countries in terms of estimated uranium resources in all categories, accounting for a significant proportion of the world's low-cost Reasonably Assured Resources. It is expected that the NEA/IAEA's* current assessment of world uranium supply, when published in late 1985(7), will illustrate that Canada has become the most promising country in the world for the discovery of additional uranium resources. Moreover, Canada has been a reliable uranium supplier to the world market for more than 40 years.

Since 1959, Canada has ranked second behind the United States in terms of world production of uranium. In 1984 it accounted for 30 per cent of the world total, which was estimated at 38 000 tU, and replaced the United States as the world's leading producer. Its position as the world's principal exporter of uranium is expected to be maintained into the next decade. In view of the production capabilities and the potential for additional discoveries described in this report, there is every reason to be confident that Canada can maintain its leading role in the world uranium market, while continuing to supply its domestic needs.

The Canadian government is committed to maintaining Canada's role as the major supplier of uranium to world markets. The Canadian uranium industry's export capabilities are expected to be enhanced by such measures as the Investment Canada Act, passed on June 30, 1985, which is designed to encourage investment in Canada that contributes to economic growth and employment opportunities.

---

* NEA - Nuclear Energy Agency of the Organization for Economic Co-operation and Development.

IAEA - International Atomic Energy Agency.

Appendix 1

DEFINITIONS OF RESOURCE AND PRODUCTION TERMINOLOGY

In its annual assessment of uranium resources, the Uranium Resource Appraisal Group (URAG) divides its estimates into five separate categories reflecting different levels of confidence in the quantities reported. These categories are further separated into three levels of exploitability related to the current price of uranium.

The following terms and definitions used by URAG are in harmony with those used by Energy, Mines and Resources Canada (EMR) for mineral and coal resource assessment:

Ore is a natural mineral-bearing substance that can be recovered by mining and from which one or more commodities can be extracted economically under conditions specified at the time of the appraisal.

Measured ore refers to ore for which tonnage is computed from dimensions revealed in outcrops, trenches, workings, or drillholes, and for which grade is computed from adequate sampling. The sites for inspection, sampling and measurement are so closely spaced and the geological character is so well defined that the size, shape and mineral content are well established. The tonnage and grade should refer to ore recoverable by mining with due regard for dilution.

Indicated ore refers to ore for which tonnage and grade are computed partly from specific measurements, samples, or production data and partly from projection for a reasonable distance on geological evidence. The openings or exposures available for inspection, measurement and sampling are too widely or inappropriately spaced to outline the ore completely or to establish its grade throughout.

Inferred ore refers to ore for which quantitative estimates are based largely on broad knowledge of the geological character of the deposit and for which there are few, if any, samples or measurements. Estimates are based on assumed continuity or repetition for which there is geological evidence; this evidence may include comparison with deposits of similar types. Bodies that are completely concealed, but for which there is some geological evidence, may be included. Estimates of inferred ore should include a statement of the specific limits within which the inferred material may lie. These limits vary depending upon the characteristics and knowledge of the orebodies.

Prognosticated resources refer to estimated tonnages beyond specific limits established for inferred ore. They may include tonnages of portions of identified orebodies or of concealed satellite orebodies, the existence of which can be assumed along well established geological trends associated with known deposits. The attributes of prognosticated resources are, as a rule, derived by extrapolation from identified deposits or by quantification of geological information.

Speculative resources refer to estimated tonnages in deposits thought to exist on the basis of indirect indications and geological extrapolations in unexplored areas or in areas where only

occurrences are known. These resources would be geologically comparable to resources in known deposits that are judged to be mineable at prices below a given level.

Reserves refer only to those measured and indicated resources that could be mined at the uranium market price as determined at the time of the assessment (equivalent to block 1A of Figure A-1) unless another price is specified.

For categorization by price level (i.e., level of economic exploitability), cut-off grades are chosen that cover all costs of production after due consideration of processing losses, plus any required forward capital costs. The difference between the cut-off grade and the average grade of the resources for each individual deposit is then examined to determine if the difference is sufficient to carry such items as taxes and royalties, head office overhead, forward exploration and development costs, and an acceptable rate of return on invested capital (i.e., costs associated with the use of capital). If the difference between the chosen cut-off grade and the average grade is judged sufficient, the tonnage is taken to be mineable at a price below the stated limit.

Except where otherwise stated, resource estimates in the measured, indicated and inferred categories refer to quantities of uranium recoverable from mineable ore, as opposed to quantities of uranium contained in mineable ore, or uranium contained in-situ (i.e., deductions have been made for both mining and ore processing losses). In the case of the prognosticated category, resource estimates are expressed in terms of quantities of uranium contained in mineable ore. Speculative resource estimates are expressed as in-situ quantities.

For national and international purposes, Canadian resource estimates are often quoted in terms of the international uranium resource definitions employed by the NEA and the IAEA, in their assessments of world uranium resources, which are prepared as a joint exercise on a biennial basis. The terms Reasonably Assured Resources (RAR) and Estimated Additional Resources (EAR) and their definitions were first developed in 1964 and were retained until recently, with only minor modification, in periodic joint NEA/IAEA world uranium supply assessments. It is pertinent to note that, in 1975, the NEA/IAEA changed its resource definitions to refer to 'cost' instead of 'price', while Canada has retained the price classification.*

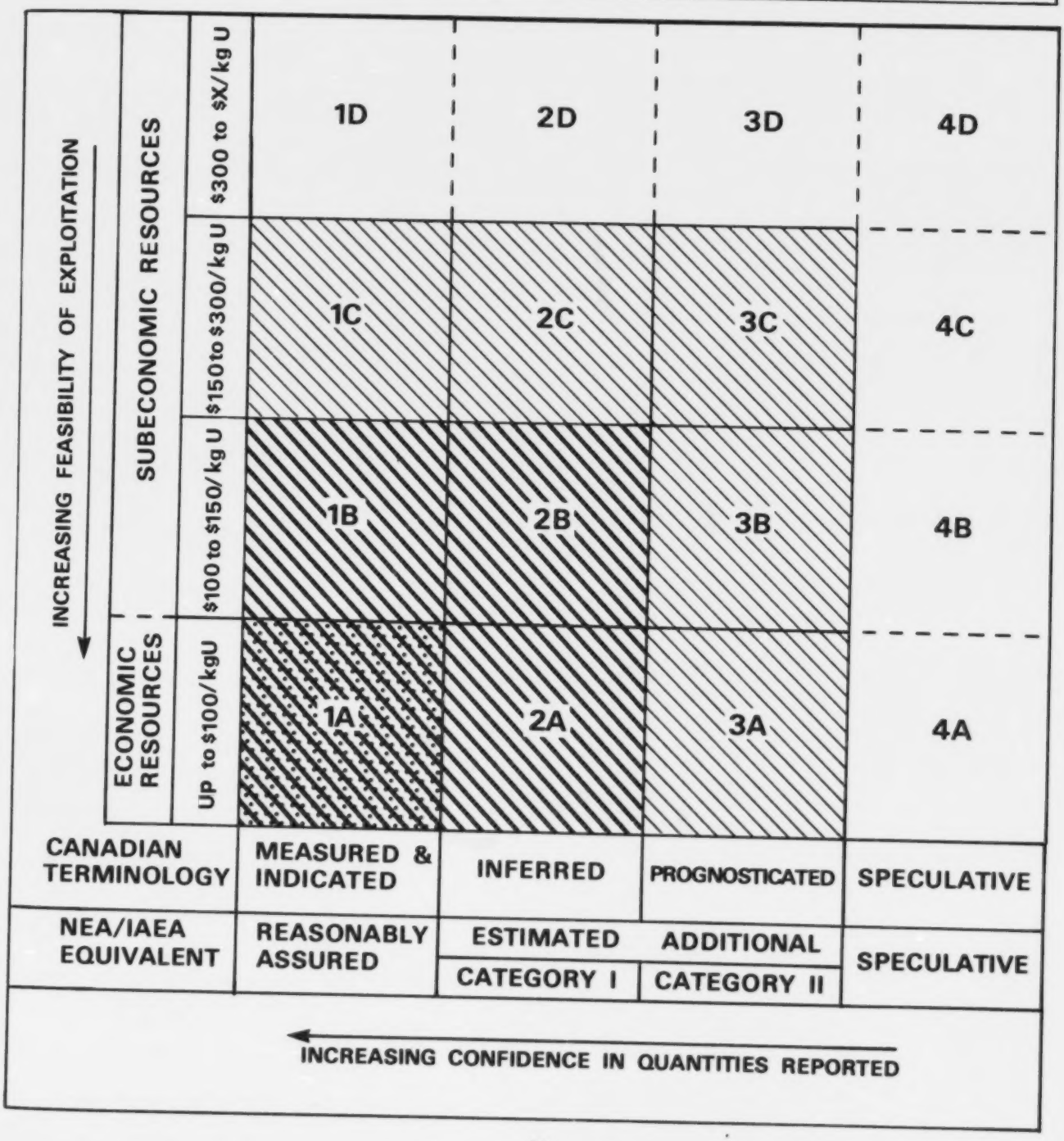
---

* For purposes of international comparison Canada's three defined 'price' categories may be considered equivalent to the NEA/IAEA's three defined 'cost' categories, from the lowest to the highest, respectively. The three defined cost/price categories are illustrated by blocks labelled A, B and C, respectively in Figure A-1.

FIGURE A 1

CLASSIFICATION SCHEME FOR RESOURCES OF RECOVERABLE URANIUM

(Energy, Mines and Resources Canada)



The term Speculative Resources was introduced by the NEA/IAEA in 1978, in recognition that assessments covering only RAR and EAR represented an incomplete appraisal of the world's uranium resources. In late 1982, the NEA/IAEA redefined its EAR category to distinguish between the discovered and the undiscovered components of those additional resources that are expected to occur in association with known deposits.(2) These two components have been termed Estimated Additional Resources - Category I (EAR-I) and Estimated Additional Resources - Category II (EAR-II), respectively.

The NEA/IAEA resource definitions are as shown below. Their relationship to definitions used in EMR's annual assessment of uranium resources is illustrated in Figure A-1.

> Reasonably Assured Resources (RAR) refers to uranium that occurs in known mineral deposits of such size, grade and configuration that it could be recovered within the given production cost ranges, with currently proven mining and processing technology. Estimates of tonnage and grade are based on specific sample data and measurements of the deposits and on knowledge of deposit characteristics. Reasonably Assured Resources have a high assurance of existence.

Estimated Additional Resources - Category I (EAR-I) refers to uranium in addition to RAR that is expected to occur, mostly on the basis of direct geological evidence, in extensions of well-explored deposits, and in deposits in which geological continuity has been established but where specific data and measurements of the deposits and knowledge of the deposits' characteristics are considered to be inadequate to classify the resource as RAR. Such deposits can be delineated and the uranium subsequently recovered, all within the given cost ranges. Estimates of tonnage and grade would be based on such sampling as is available and on knowledge of the deposit characteristics as determined in the best known parts of the deposit or in similar deposits. Less reliance can be placed on the estimates in this category than on those for RAR.

Estimated Additional Resources - Category II (EAR-II) refers to uranium in addition to EAR-I that is expected to occur in deposits believed to exist in well-defined geological trends or areas of mineralization with known deposits. Such deposits can be discovered, delineated and the uranium subsequently recovered, all within the given cost ranges. Estimates of tonnage and grade would be based primarily on knowledge of deposit characteristics in known deposits within the respective trends or areas and on such sampling, geological, geophysical or geochemical evidence as may be available. Less reliance can be placed on the estimates in this category than on those for EAR-I.

Speculative Resources (SR) refers to uranium, in addition to EAR II, that is thought to exist mostly on the basis of indirect evidence and geological extrapolations, in deposits discoverable with existing exploration techniques. The location of deposits envisaged in this category could generally be specified only as being somewhere within a given region or geological trend. As the term implies, the existence and size of such resources are highly speculative.

In presenting its definitions, the NEA/IAEA emphasizes that the distinctions drawn between the four categories of resources (RAR, EAR I, EAR II and SR) based on differing degrees of geological evidence, make it essential that each category be regarded as a discrete entity. Therefore, great care should be taken in the use of resources estimates (e.g., not summing estimates of all four categories to obtain 'total resources').

With the increased emphasis that has been placed on projections of production capability as illustrations of uranium supply possibilities, it was necessary to formalize a number of terms used in the description of such projections. The NEA/IAEA introduced the following terms in its December 1983 assessment of world uranium supply. These terms are used throughout this report.

A PRODUCTION CENTRE, as referred to in this report, is a production unit consisting of one or more ore processing plants, one or more associated mines and the resources that are tributary to them. For the purpose of describing production centres, they have been divided into four classes, as follows:

(i) EXISTING Production Centres are those that currently exist in operational condition and include those plants which are closed down but which could be readily brought back into operation.

(ii) COMMITTED Production Centres are those that are either under construction or are firmly committed for construction.

(iii) PLANNED Production Centres are those that are planned, based on feasibility studies that are either completed or under way, but for which construction commitments have not yet been made. This class also includes those plants that are closed which would require substantial expenditures to bring them back into operation.

(iv) PROSPECTIVE Production Centres are those that could be supported by tributary RAR and EAR I, i.e., 'known resources', but for which construction plans have not yet been made.

PRODUCTION CAPACITY denotes the nominal level of output, based on the design of the plant and facilities over an extended period under normal commercial operating practice.

PRODUCTION CAPABILITY refers to an estimate of the maximum level of production that could be practically and realistically achieved under favourable circumstances from the plant and facilities at any of the types of production centres described above, given the nature of the resources tributary to them. (Normally, projections of production capability are supported only by RAR and/or EAR I).

Appendix 2

CANADIAN URANIUM EXPORT POLICY

Canada's uranium export policy has been developed with a view to maintaining Canada's role as a reliable uranium supplier to its industrial partners over the long term, while seeking to ensure adequate supplies for domestic needs, to increase the return to Canadians from exportable surpluses, and to realize opportunities for further processing. There is also the special overriding requirement that Canada's uranium be used for peaceful, nonexplosive purposes only. A broad range of countries, many of which import Canadian uranium, have entered into bilateral nuclear cooperation agreements with Canada, and have ratified the Non-Proliferation Treaty or made an equivalent nonproliferation commitment and accepted international safeguards on all of their nuclear activities.

Mechanisms are in place to monitor Canada's uranium supply capabilities and export commitment levels, to ensure that sufficient uranium is available to meet the 30-year fuelling requirements of all Canadian nuclear power reactors for a rolling 10-year period. Export contracts can be approved normally for periods of up to 15 years. However, in cases where the exports are associated with the sale of a CANDU reactor, contracts can be approved that provide that reactor with a 30-year supply of fuel.

All uranium export contracts are required to contain floor prices or similar mechanisms, which protect investment and employment in the uranium production facilities, and pricing terms that provide for an equitable balance of benefits and risks and that are in general agreement with those being obtained by Canadian and international producers for uranium under contracts of similar duration. Except under exceptional circumstances, uranium must be upgraded to the maximum extent possible in Canada before export, as long as Canada's conversion facilities have the capacity and are generally competitive. In practice, this means refining and conversion to uranium hexafluoride (UF_6).

Canadian producers are free to negotiate their own contracts, within the context of current Canadian export policy, but all export contracts are subsequently reviewed by federal government authorities to ensure that they meet the intent of the policy objectives. For contracts that are found to be consistent with these objectives, export licences and export permits are obtained annually from the Atomic Energy Control Board and the Department of External Affairs, respectively, pursuant to the provisions of the Atomic Energy Control Act and the Export and Import Permits Act.

Appendix 3

URANIUM RESOURCE APPRAISAL GROUP (URAG)

URAG is an internal committee of Energy, Mines and Resources Canada and is composed of senior officials and technical experts in the fields of uranium geology, mining and milling. Activities of URAG are carried out by three subcommittees:

- The Subcommittee on Reasonably Assured Resources is responsible for (a) auditing the measured and indicated resources in Canadian uranium deposits mineable under current technological conditions in given price ranges; and (b) assessing the levels of Canadian uranium production that could be supported by these deposits.

- The Subcommittee on Estimated Additional Resources is responsible for (a) estimating the inferred and prognosticated resources associated with known uranium deposits in Canada; and (b) estimating speculative resources of uranium in regions of Canada that have geological environments favourable for the occurrence of uranium.

- The Subcommittee on Economic Coordination is responsible for (a) relating known resources to domestic requirements and export commitments, the latter in cooperation with Canadian regulatory agencies; and (b) determining the tonnage of uranium that is to be reserved for Canadian reactors that are either in operation or committed by utilities.

Primary responsibility for the work of the subcommittee on Reasonably Assured Resources resides with the Ore Reserve Assessment Group and the Mining Methods and Evaluation Group located in the Mining Research Laboratories of EMR's Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET). Uranium ore-processing expertise is drawn from CANMET's Extractive Metallurgy Laboratory. Work associated with the subcommittee on Estimated Additional Resources is carried out in the Regional Mineral Resource Assessment Section of the Geological Survey of Canada (GSC), also a Branch of EMR. Finally, the activities of the subcommittee on Economic Coordination are centred in the Uranium and Nuclear Energy Branch of EMR's Conservation and Non-Petroleum Sector. The branch plays an important role for the overall URAG assessment by coordinating the annual exercise. The subcommittee liaises with EMR's Mineral Policy Sector on mineral supply analysis and in the critical review of resource definitions, terminology and concepts.

REFERENCES

(1) URANIUM IN CANADA: 1982 ASSESSMENT OF SUPPLY AND REQUIREMENTS, Energy Mines and Resources Canada, Report EP 83-3 (September 1983).

(2) NEA/IAEA, URANIUM - RESOURCES, PRODUCTION AND DEMAND, OECD, Paris (December 1983).

(3) Whillans, R.T.: URANIUM (a Review of the Canadian Uranium Industry in 1984), Canadian Mining Journal, February 1985.

(4) Ruzicka, V: ESTIMATION OF UNDISCOVERED URANIUM RESOURCES IN CANADA; in URANIUM RESOURCE EVALUATION, Energy, Mines and Resources Canada, Report ER 77-1 (1977), p.39-56.

(5) MONITORING CANADA'S URANIUM SUPPLY, Energy, Mines and Resources Canada, Report ER 80-5E (February 1980).

(6) OECD, Summary of Nuclear Power and Fuel Cycle Data in OECD Member Countries, OECD, Paris (April 1985).

(7) NEA/IAEA, URANIUM - RESOURCES, PRODUCTION AND DEMAND, OECD, Paris (December 1985, in press).

BIBLIOGRAPHY

The following documents, while not specifically referenced in the subject report, are recommended as important additional sources of information about Canadian uranium resources, exploration and production activities.

NEA/IAEA, URANIUM EXPLORATION METHODS, Review of the NEA/IAEA R&D Program, Proceedings of a Symposium, OECD, Paris, 1982.

NEA/IAEA, URANIUM EXTRACTION TECHNOLOGY, Current Practice and New Developments in Ore Processing, OECD, Paris, 1983.

NEA/IAEA, ECONOMICS OF URANIUM ORE PROCESSING OPERATIONS, Proceedings of a Workshop (jointly organized by NEA and IAEA) OECD, Paris, 1983.

IAEA, URANIUM EXPLORATION CASE HISTORIES, Proceedings of an IAEA Advisory Group Meeting (jointly organized by IAEA and NEA), IAEA, Vienna, 1981.

Aspin, N., Williams, R. M., and Dakers, R. G.: CANADA'S URANIUM FUTURE, BASED ON FORTY YEARS OF DEVELOPMENT, Paper IAEA-CN-42/142, Volume 3 of Proceedings of an International Conference on Nuclear Power Experience, Vienna, 1983. (Published separately by Atomic Energy of Canada Limited as AECL-7765, September 1982).

Cameron, E. M., editor: URANIUM EXPLORATION IN THE ATHABASCA BASIN, SASKATCHEWAN, CANADA, Geological Survey of Canada Paper 82-11, 1983.

Five Reports Prepared Under the Auspices of the IAEA Working Group on Uranium Geology:

Ferguson, John, editor: PROTEROZOIC UNCONFORMITY and STRATABOUND URANIUM DEPOSITS, IAEA-TECDOC-315, IAEA, Vienna, 1984.

Toens, Dennis, editor: SURFICIAL URANIUM DEPOSITS, IAEA-TECDOC-322, IAEA, Vienna, 1984.

Finch, Warren, editor: GEOLOGICAL ENVIRONMENTS OF SANDSTONE-TYPE URANIUM DEPOSITS, IAEA-TECDOC-328, IAEA, Vienna, 1985.

Fuchs, Helmut, editor: VEIN TYPE URANIUM DEPOSITS, IAEA TECDOC Series, IAEA, Vienna (in press).

Pretorius, Desmond, editor: URANIUM DEPOSITS IN PROTEROZOIC QUARTZ-PEBBLE CONGLOMERATES, IAEA TECDOC Series, IAEA, Vienna (in press).

Note: Both OECD and IAEA documents are available in Canada through:

Renouf Publishing Company Limited
2182 St. Catherine Street West
Montreal, Quebec H3H 1M7
Telephone (514) 937-3519

L'uranium au Canada - Évaluation en 1984 de l'offre et des besoins

Énergie, Mines et Ressources Canada
Energy, Mines and Resources Canada

Canada

Partie supérieure: À gauche, la centrale nucléaire de Gentilly 2, dotée d'un réacteur CANDU de 600 MW, et qui relève d'Hydro-Québec, a réalisé un facteur de capacité de 87 % pendant la période de la demande de pointe de 1984-1985.

– L'Énergie Atomique du Canada, Limitée

Partie inférieure: Le projet d'exploitation de l'uranium de Key Lake, dans le Nord de la Saskatchewan, est devenu le plus grand centre de production mondial d'uranium en 1984.

– Saskatchewan Mining Development Corporation

L'URANIUM AU CANADA

ÉVALUATION EN 1984 DE L'OFFRE ET DES BESOINS

Rapport EP 85-3 F

Septembre 1985

REMERCIEMENTS

Le Groupe d'évaluation des ressources en uranium tient à exprimer sa reconnaissance aux représentants du ministère des Ressources naturelles de l'Ontario, du ministère des Ressources minérales de la Saskatchewan, et du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, pour l'aide qu'ils ont apportée à l'évaluation des ressources en uranium dans leurs domaines respectifs.

Also available in English.

Publié sous l'autorité du
ministre d'Énergie, Mines et Ressources Canada

Distribution sur demande:
Direction des communications
Énergie, Mines et Ressources Canada
580, rue Booth
OTTAWA (Ontario) K1A 0E4

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986
N° de cat. M23-11/5-1984F
ISBN 0-662-93790-2

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ POUR LA DIRECTION	1
I. PERSPECTIVES À COURT TERME	
1. Approvisionnements	3
a) Sources	3
Tonnages mesurés, indiqués et présumés	3
b) Disponibilité de l'uranium	6
Installations existantes	6
Potentiel de production supplémentaire	12
Capacité théorique prévue de production	14
2. Besoins	14
a) Programme nucléaire canadien	14
b) Ventes d'uranium faisant l'objet d'engagements	18
II. PERSPECTIVES À LONG TERME	
1. Approvisionnements	22
a) Sources	22
Ressources pronostiquées	22
Ressources spéculatives	23
Travaux d'exploration	26
b) Disponibilité de l'uranium	31
2. Besoins	33
a) Perspectives de croissance de l'énergie nucléaire	33
b) Exigences pour l'industrie productrice d'uranium	33
ANNEXES	
1. Définitions des ressources et terminologie de la production	36
2. Politique canadienne en matière d'exportation de l'uranium	41
3. Groupe d'évaluation des ressources en uranium (GERU)	42
RÉFÉRENCES	43
BIBLIOGRAPHIE	43
FIGURES	
1. Principales régions du Canada et leurs gisements d'uranium déterminés	5
2. Principaux gisements d'uranium de la Saskatchewan	9
3. District de production d'Elliot Lake (Ontario)	10
4. Comparaison de la capacité de production d'uranium du Canada et des besoins estimatifs du pays	15
5. Ressources d'uranium au Canada au 31 décembre 1984	16
6. Besoins canadiens en uranium, approvisionnements faisant l'objet d'engagements, et excédents disponibles au 31 décembre 1984	19
7. Livraisons prévues d'uranium canadien sur le marché des exportations	20
8. Zones pouvant présenter des indices de gisements uranifères au Canada	24
9. Tendances des dépenses engagées dans l'exploration de l'uranium au Canada	30
10. Apport de l'énergie nucléaire à la production d'électricité dans des pays donnés, 1984 et l'an 2000	34
A-1 Mode de classification des ressources en uranium récupérable (Énergie, Mines et Ressources Canada)	38

TABLEAUX

		Page
1.	Estimation des ressources canadiennes en uranium récupérable du minerai exploitable	4
2.	Centres de production existants	7
3.	Main-d'œuvre des producteurs canadiens d'uranium	12
4.	Centres éventuels de production d'uranium	13
5.	Capacité des centres existants de production d'uranium du Canada	14
6.	Centrales nucléaires au Canada	17
7.	Estimation des besoins annuels en uranium du Canada	18
8.	Uranium exporté en vertu de contrats révisés depuis le 5 septembre 1974	21
9.	Exportations d'uranium canadien	21
10.	Estimation des ressources pronostiquées en uranium contenu dans du minerai exploitable au Canada	22
11.	Total des dépenses des levés radiométriques et des études géochimiques parrainées par le gouvernement et superficie couverte par les travaux	26
12.	Forages d'exploration et de mise en valeur en surface effectués au Canada, 1976 à 1984	29
13.	Dépenses engagées dans l'exploration de l'uranium au Canada, 1976 à 1984	31
14.	Illustration de la capacité théorique de production à long terme des gisements connus au Canada	32

RÉSUMÉ POUR LA DIRECTION

Avant-propos

En 1974, le ministre de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR) a créé un Groupe d'évaluation des ressources en uranium (GERU) au sein d'EMR. Sa tâche consiste à vérifier chaque année les ressources canadiennes en uranium dans le but de mettre en application la politique du gouvernement fédéral en matière d'exportation de l'uranium. L'un des principaux objectifs de cette politique était de veiller à ce que les réserves d'uranium soient suffisantes pour satisfaire aux besoins du programme canadien d'énergie nucléaire.

L'inquiétude quant à la sécurité des approvisionnements nationaux est moins justifiée aujourd'hui qu'il y a dix ans. Les prévisions à long terme concernant la croissance de la production d'énergie nucléaire installée au Canada ont été successivement réduites comme elles l'ont été dans tous les autres pays industrialisés. La capacité canadienne d'approvisionnement en uranium a par ailleurs augmenté considérablement. Au cours de la dernière décennie, les estimations relatives aux ressources en uranium, dans des catégories comparables, ont augmenté de plus de 145 000 t U, malgré la production de presque 70 000 t U.

Le Canada s'est maintenu au rang de principal exportateur d'uranium du monde occidental; il est devenu le principal producteur mondial d'uranium. Il possède une fraction importante des ressources mondiales d'uranium, qui revêtent une valeur économique à l'heure actuelle, et demeure le centre d'une part importante de l'exploration internationale d'uranium. Le bassin de l'Athabasca, situé dans le Nord de la Saskatchewan, est apparu comme la principale cible pour la découverte de gisements à très haute teneur en uranium. Le Canada est assuré de pouvoir répondre à ses propres besoins ainsi qu'à ceux de ses partenaires commerciaux pour plusieurs années à venir.

Résultats de l'évaluation de 1984

Depuis la dernière évaluation officielle (1982) du GERU, les travaux d'exploration exécutés au Canada ont continué de donner des résultats positifs, d'où, comme le montre le tableau ci-dessous, une augmentation globale des estimations des ressources en uranium du Canada. Les nouvelles découvertes ont plus que compensé la diminution des ressources causée par les productions de 1983 et de 1984 et par la réaffectation de ressources dans des catégories de prix supérieures; cette réaffectation donne suite à la baisse constante du prix de l'uranium et à la hausse persistante des coûts de production.

Principales catégories de ressources	Tonnes d'uranium* récupérable du minerai exploitable	
	1984	1982
Mesurées	54 000	59 000
Indiquées	233 000	195 000
Présumées	264 000	287 000
Total	551 000	541 000

Le GERU subdivise ses estimations des ressources en trois grandes catégories de ressources représentant les différents niveaux de confiance dans les quantités indiquées. Ces estimations sont par ailleurs réparties dans différentes catégories de prix de l'uranium. Dans l'évaluation de 1984, les trois catégories sont les suivantes: (A) 100 $/kg U ou moins, (B) de 100 à 150 $/kg U et (C) de 150 à 300 $/kg U ($ CAN). Chaque chiffre du tableau ci-dessus représente la somme des ressources des trois catégories de prix.

Seules les ressources récupérables à 150 $/kg U ou moins, c'est-à-dire celles qui sont classées dans les deux catégories de prix inférieurs, sont utilisées afin de garantir que des quantités suffisantes d'uranium sont réservées aux besoins nationaux. Les ressources estimatives exploitables à un prix situé entre 150 et 300 $/kg U ne présenteront vraisemblablement pas d'intérêt économique avant la fin des années 90.

Des quantités additionnelles d'uranium dans les deux catégories de ressources «non découvertes» s'ajoutent à ces ressources

---

*Une tonne métrique d'uranium élémentaire (U) représentée sous la forme de t U équivaut, en termes d'uranium contenu, à 1,2999 tc d'oxyde d'uranium (U_3O_8).

<<connues>>. Selon les estimations, les ressources pronostiquées exploitables à 300 $/kg U ou moins comprennent environ 292 000 t U. Les ressources spéculatives des zones d'intérêt exploitables à 300 $/kg U ou moins, visées dans l'évaluation de 1984, représenteraient environ 1 million de tonnes d'uranium.

En 1984, les cinq producteurs canadiens d'uranium primaire ont employé environ 5 800 travailleurs dans leurs installations d'extraction et de broyage et produit des concentrés contenant environ 11 170 t U. La capacité annuelle prévue de production d'uranium primaire du Canada, qui est fondée sur celle des centres de production existants seulement, se stabilisera à environ 12 000 t U pour le reste des années 80. Si les conditions du marché le justifiaient, d'autres centres de production pourraient être mis en service afin d'atteindre une capacité de 15 000 t U au cours de la seconde moitié des années 90; par ailleurs, les besoins mondiaux atteindront presque 60 000 t U par année.

D'ici l'an 2000, les besoins du Canada en uranium se chiffreront à environ 2 000 t U par année. L'évaluation de 1984 du GERU montre clairement que, au Canada, les ressources connues récupérables à 150 $/kg U ou moins sont plus que suffisantes pour alimenter pendant 30 ans les réacteurs qui sont maintenant en service ou qui, étant donné les engagements ou les prévisions, devraient être mis en service d'ici 1995. Une partie importante des ressources d'uranium identifiées au Canada et récupérables au même prix est donc excédentaire par rapport aux besoins des Canadiens et pourrait éventuellement être exportée. Des ventes d'une valeur de près de 1 milliard de dollars annuellement sont garanties étant donné qu'au début de 1985, les engagements au Canada et sur le marché des exportations totalisaient respectivement 77 000 et 63 000 t U.

Au Canada, les dépenses engagées dans l'exploration de l'uranium en 1983 et 1984 ont été évaluées respectivement à 41 et à 35 millions de dollars, ce qui représente une diminution marquée par rapport aux dépenses de 128 millions de dollars de 1980. En 1983 et 1984, les forages d'exploration et les forages de mise en valeur en surface auraient totalisé respectivement 153 000 m et 197 000 m, et environ 85 % des travaux ont été exécutés en Saskatchewan.

À plus long terme, il est évident qu'il existe un potentiel important de découvertes additionnelles au Canada et, vu les encouragements offerts par la demande accrue d'uranium, une part importante de ces ressources sera sans doute mise en valeur.

Ce rapport est le neuvième d'une série que le GERU a commencée en 1975 afin de présenter les résultats de l'évaluation à intervalles réguliers des possibilités d'approvisionnement en uranium au Canada. Les rapports ont été publiés chaque année jusqu'à l'évaluation de 1982, et tous les deux ans par la suite.

Par sa forme et son contenu, ce rapport ressemble beaucoup aux rapports précédents. Toutefois, afin de faciliter la comparaison entre les estimations des ressources du Canada et celles des autres pays, les estimations concernant les ressources connues d'uranium sont exprimées en quantité d'uranium *récupérable* du minerai exploitable, plutôt qu'en quantités d'uranium *contenu dans* le minerai exploitable, comme cela s'est fait dans les rapports antérieurs. Cette distinction est précisée dans la partie concernant la terminologie des ressources et de la production et les définitions connexes (annexe 1).

I. PERSPECTIVES À COURT TERME

1. Approvisionnements

a) SOURCES

Tonnages mesurés, indiqués et présumés

Au cours des dix à quinze prochaines années, les approvisionnements canadiens d'uranium seront assurés par les ressources connues dont les estimations sont subdivisées en trois catégories: mesurées, indiquées et présumées, qui représentent différents niveaux de confiance dans les quantités déclarées (voir les définitions de l'annexe 1).

EMR ne retient que ces trois catégories de ressources pour s'assurer que des quantités suffisantes d'uranium sont réservées aux besoins canadiens. L'annexe 2 explique cet aspect de la politique à l'égard des approvisionnements d'uranium. Le tableau 1 présente les évaluations de 1984 des ressources (les trois catégories) d'uranium préparées par le Groupe d'évaluation des ressources en uranium (GERU) d'EMR. (Le mandat du GERU est décrit à l'annexe 3.) Le tableau 1 présente également à des fins de comparaison les résultats de l'évaluation de 1982 (1). Ces ressources sont pour la plupart associées aux gisements situés dans les régions indiquées à la figure 1.

L'évaluation des ressources canadiennes en uranium que le GERU a commencée en décembre 1984, a été faite en fonction de trois catégories de prix. La catégorie la plus basse (A) correspond à un prix plancher sur le marché de l'uranium; cette première catégorie est évaluée à 100 $/kg U, la deuxième (B) va de 100 à 150 $/kg U. La troisième catégorie de prix (C), qui a été introduite pour la première fois dans l'évaluation faite par le GERU pour l'année 1982, varie de 150 à 300 $/kg U. Les prix sont donnés en dollars canadiens par kilogramme d'uranium*.

Aux fins de son évaluation, le GERU a adopté un prix de 100 $/kg U afin de représenter les ressources qui, selon lui, semblaient présenter un intérêt économique au Canada en 1984. Ce niveau a servi à définir la limite supérieure du prix des ressources de catégorie A. Le prix moyen des livraisons canadiennes à l'étranger qui a servi à définir le seuil de la catégorie A dans les rapports antérieurs du GERU a été jugé peu approprié cette année puisqu'il a été trop influencé par les livraisons faites sur le marché au comptant (voir *Ventes d'uranium faisant l'objet d'engagements*). Seules les ressources comprises dans les deux catégories de prix inférieures (A et B) ont été retenues par EMR pour déterminer si les niveaux de ressources sont suffisants pour répondre aux besoins canadiens. Les ressources comprises dans la troisième catégorie de prix (C) ne devraient pas présenter d'intérêt économique avant la fin des années 90.

En comparant les ressources canadiennes exploitables en uranium qui ont été révisées en 1984 aux évaluations de 1982 (tabl. 1), on remarque que le transfert des ressources de la catégorie «présumées» à la catégorie «indiquées» constitue le changement le plus important en raison des travaux continus de délimitation des gisements d'uranium récemment découverts en Saskatchewan. On constate également qu'il y à eu une forte augmentation des ressources classées dans les catégories de prix supérieures et une diminution équivalente de celles présentant un intérêt économique dans l'immédiat (c'est-à-dire celles de la catégorie A). Ce transfert au niveau de la répartition économique des ressources en uranium connues au Canada est attribuable à certains facteurs, notamment la production d'environ 18 300 t U au cours de la période d'évaluation de deux ans et la hausse constante des coûts de production. Cela a nécessité l'utilisation des catégories économiquement plus exploitables aux fins de l'évaluation de gisements donnés. De plus, les ressources associées à certains des gisements découverts récemment en Saskatchewan ont été classées dans les catégories de prix supérieures, ce qui montre bien que les coûts de production de ces nouvelles ressources ne peuvent être déterminés avec certitude.

*1 $/lb d'$U_3O_8$ = 2,6 $/kg U.

TABLEAU 1

Estimations des ressources canadiennes en uranium récupérable du minerai exploitable[a]

Catégories de prix pour l'évaluation du minerai exploitable[b]	En milliers de tonnes d'uranium					
	Mesurées		Indiquées		Présumées	
	1984[c]	1982[d]	1984[c]	1982[d]	1984[c]	1982[d]
A	31	(32)	124	(144)	105	(181)
B	–	(1)	59	(8)	92	(48)
A + B	31	(33)	183	(152)	197	(229)
C	23	(26)	50	(43)	67	(58)
A + B + C	54	(59)	233	(195)	264	(287)

a) Les pertes en cours d'extraction et de traitement du minerai ont été déduites.

b) Les prix donnés se rapportent au prix d'une certaine quantité de concentrés d'uranium contenant 1 kg d'uranium élémentaire. Les prix ont été utilisés pour déterminer la teneur économiquement exploitable de chaque gisement évalué, en tenant compte des méthodes d'extraction utilisées et des pertes prévues en cours de traitement.

c) Dans l'évaluation de 1984, les catégories de prix étaient: (A) 100 $/kg U ou moins; (B) entre 100 et 150 $/kg U; et (C) entre 150 et 300 $/kg U.

d) Les chiffres entre parenthèses sont tirés de l'évaluation de 1982 pour laquelle les prix avaient été fixés à: (A) 115 $/kg U ou moins; (B) entre 115 et 170 $/kg U et (C) entre 170 et 340 $/kg U.

Il convient de remarquer que certains gisements de catégorie inférieure de minerai ont été classés dans une catégorie de prix supérieure à C puisqu'ils pouvaient être considérés comme exploitables seulement si les prix de l'uranium passent à plus de 300 $/kg U. Les tonnages compris dans certains anciens gisements producteurs qui ne seront vraisemblablement pas rouverts dans un avenir prévisible ont été exclus des ressources indiquées au tableau 1. Toutefois, les quantités en cause ne sont pas importantes.

Afin de pouvoir comparer les estimations des ressources en uranium à l'échelle internationale (2), les estimations des ressources canadiennes qui sont présentées au tableau 1 sont exprimées en termes d'uranium *récupérable* du minerai exploitable, que l'on différencie de l'uranium *contenu dans* le minerai exploitable, comme ce fut le cas dans les rapports antérieurs du GERU. En d'autres mots, les estimations tiennent compte de deux facteurs soit l'extraction et la récupération du minerai en cours de traitement.

Dans le cas des mines souterraines, le minerai exploitable représente habituellement de 75 à 85 % du minerai en

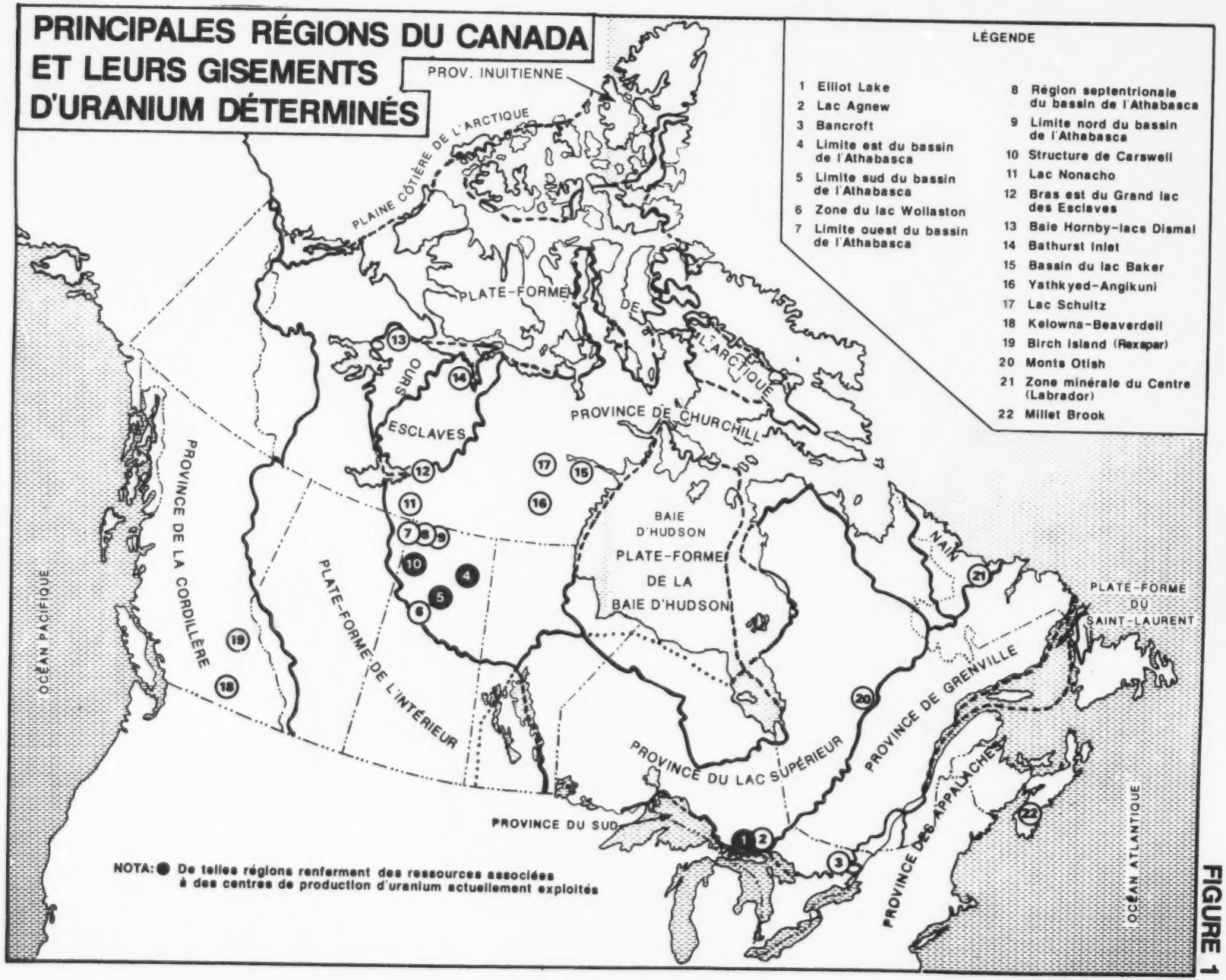

PRINCIPALES RÉGIONS DU CANADA ET LEURS GISEMENTS D'URANIUM DÉTERMINÉS
LÉGENDE
1 Elliot Lake
2 Lac Agnew
3 Bancroft
4 Limite est du bassin de l'Athabasca
5 Limite sud du bassin de l'Athabasca
6 Zone du lac Wollaston
7 Limite ouest du bassin de l'Athabasca
8 Région septentrionale du bassin de l'Athabasca
9 Limite nord du bassin de l'Athabasca
10 Structure de Carswell
11 Lac Nonacho
12 Bras est du Grand lac des Esclaves
13 Baie Hornby-lacs Dismal
14 Bathurst Inlet
15 Bassin du lac Baker
16 Yathkyed-Angikuni
17 Lac Schultz
18 Kelowna-Beaverdell
19 Birch Island (Rexspar)
20 Monts Otish
21 Zone minérale du Centre (Labrador)
22 Millet Brook
PROV. INUITIENNE
PLAINE CÔTIÈRE DE L'ARCTIQUE
PLATE-FORME DE L'ARCTIQUE
OURS
ESCLAVES
PROVINCE DE CHURCHILL
BAIE D'HUDSON
PLATE-FORME DE LA BAIE D'HUDSON
NAIN
PLATE-FORME DU SAINT-LAURENT
PROVINCE DE GRENVILLE
PROVINCE DES APPALACHES
OCÉAN ATLANTIQUE
OCÉAN PACIFIQUE
PROVINCE DE LA CORDILLÈRE
PLATE-FORME DE L'INTÉRIEUR
PROVINCE DU LAC SUPÉRIEUR
PROVINCE DU SUD
NOTA: ● De telles régions renferment des ressources associées à des centres de production d'uranium actuellement exploités

FIGURE 1

place. En général, il est possible d'obtenir des taux de récupération plus élevés dans les mines à ciel ouvert. Au Canada, les taux de récupération du minerai par traitement sont habituellement élevés, variant de 90 à 97 %. En 1984, le Canada a affiché un taux pondéré de récupération de 93 % du minerai d'uranium extrait par méthode classique.

Pour en arriver aux chiffres donnés au tableau 1 concernant les ressources récupérables, des facteurs réels ou prévus d'extraction du minerai et de sa récupération en cours de traitement ont été appliqués individuellement aux ressources qui sont reliées aux centres de production existants ou prévus.

Environ 45 % du total des ressources comprises dans les trois catégories (mesurées, indiquées et présumées) se trouvent en Ontario et 49 % en Saskatchewan. Dans l'évaluation de 1980, les pourcentages atteignaient respectivement 63 et 31 %. L'écart est surtout attribuable aux nouvelles découvertes et à la poursuite des travaux de délimitation des ressources du Nord de la Saskatchewan.

Plus de la moitié des ressources mesurées, indiquées et présumées en uranium du Canada se trouvent dans des gisements du même type que ceux qui sont liés à des discontinuités du Protérozoïque, surtout dans le Nord de la Saskatchewan. Ces gisements renferment une minéralisation monométallique (par exemple, celle de Rabbit Lake) ou polymétallique (celles de Key Lake, de la zone B de Collins Bay, de Cigar Lake) associée à la discontinuité se trouvant sous la formation d'Athabasca (milieu du Protérozoïque). Dans les gisements monométalliques, on trouve surtout une minéralisation de pechblende alors que les gisements polymétalliques renferment principalement des assemblages d'uranium-nickel-cobalt. Certains gisements présentent des teneurs moyennes inférieures à 1 % d'uranium alors que dans d'autres, les moyennes varient de 2 à 5 %, et dans certaines zones de gisements comme celui de Cigar Lake, la teneur atteint plus de 10 %.

Les autres ressources des catégories indiquées, mesurées et présumées sont pour la plupart comprises dans des conglomérats de quartz-galets que l'on trouve surtout dans la région d'Elliot Lake en Ontario. La minéralisation est située à la base du supergroupe de l'Huronien dans plusieurs couches (formations) renfermant du minerai titrant en moyenne de 0,05 à 0,1 % d'uranium.

b) DISPONIBILITÉ DE L'URANIUM

Installations existantes

En janvier 1985, le Canada comptait cinq producteurs d'uranium primaire: Denison Mines Limited, Rio Algom Limitée, les Ressources Eldorado Limitée, Key Lake Mining Corporation (KLMC) et Cluff Mining. Le tableau 2 résume les principales données sur la capacité et la production des cinq centres de production d'uranium au Canada.

Les deux premiers producteurs installés dans la région d'Elliot Lake, en Ontario, exploitent des mines souterraines classiques et utilisent également des techniques de lixiviation du minerai en place afin de récupérer des quantités additionnelles d'uranium. Les trois autres producteurs font affaires dans la région de l'Athabasca, au Nord de la Saskatchewan. Deux d'entre eux exploitent des mines à ciel ouvert et l'autre une mine en partie souterraine et en partie à ciel ouvert.

En 1985, la production d'uranium primaire a atteint 11 170 t U comparativement à 7 143 en 1983 et à 8 075 en 1982. L'écart est en grande partie attribuable à la mise en production de la mine de Key Lake qui, avec une production annuelle de 4 600 t U, est maintenant le plus grand centre mondial. Selon les estimations préliminaires, les cinq producteurs ont expédié 9 693 t U d'une valeur de 916 millions de dollars en 1984, comparativement à des expéditions de 6 823 t U évaluées à 668 millions de dollars et à 7 643 t U (837 millions de dollars) en 1983 et 1982 respectivement. Les différences relevées entre les données sur la production annuelle et les expéditions montrent bien la situation au niveau des stocks.

En 1984, les trois exploitants de la Saskatchewan ont fourni environ 55 % de la production totale et des expéditions d'uranium du Canada; les deux producteurs de l'Ontario se sont partagés le reste.

TABLEAU 2

Centres de production existants

Nom de la société et emplacement de l'usine	Date de démarrage	Type de gisement[a] et méthode d'extraction[b]	Usine de traitement		
			Méthode[c] et pourcentage de récupération[d]	Capacité nominale quotidienne	Production annuelle[e]
			%	(en tonnes)	(en tonnes d'uranium)
Cluff Mining - Phase II (Amok Ltée/SMDC) Cluff Lake (Sask.)	1984[f]	AD/CO/ST	LA/ES/95	800	642
Denison Mines Limited Elliot Lake (Ont.)	1957	Cong/ST/LMP	LA/EI/93	13 610	2 246
Les Ressources Eldorado Limitée Rabbit Lake (Sask.)	1975	AD/CO	LA/ES/94	1 500	1 361
Key Lake Mining Corp. Key Lake (Sask.)	1983	AD/CO	LA^2/ES/97	500 - 700	4 003
Rio Algom Limitée Elliot Lake (Ont.)					
• usine Quirke	1968[g]	Cong/ST/LMP	LA/EI/94	6 350	1 372
• usine Panel	1979[h]	Cong/ST/LMP	LA/EI/95	2 990	841
• usine Stanleigh	1983[h]	Cong/ST/LMP	LA/EI/90	4 540	704

a) Types de gisement: conglomérat (cong.), allié aux discordances (AD).
b) Méthodes d'extraction: souterraine (ST), à ciel ouvert (CO), lixiviation du minerai sur place (LMP).
c) Méthodes de traitement du minerai: lixiviation à l'acide (LA), lixiviation à l'acide en deux étapes (LA^2), échange ionique (EI), extraction au solvant (ES); pour plus de détails, consulter le document intitulé *Uranium Extraction Technology*, AEN/AIEA, Paris, 1983.
d) Récupération lors du traitement: données de production pour 1984.
e) Production réelle en 1984.
f) Phase I – exploitée de 1980 à 1984.
g) Restaurée pour traiter la production de la nouvelle mine Quirke; exploitée de 1956 à 1961 (ancienne mine Quirke) puis fermeture.
h) Restaurée; exploitée de 1958 à 1961, puis fermeture.

La capacité de broyage des installations de la société Denison, de moins de 10 000 t de minerai par jour, suffit pour respecter les plans de livraison établis en vertu des contrats prévoyant la vente à long terme de 60 000 t U jusqu'à l'an 2012. Au cours des prochaines années, la société Denison maintiendra vraisemblablement son taux actuel de production d'environ 2 300 t U/année.

Les essais de lixiviation du minerai en place réalisés par la société au cours des deux dernières années dans les mines souterraines continuent de donner de bons résultats. Une meilleure formation des employés, l'amélioration de la machinerie et la récupération des piliers de minerai de catégorie supérieure, auxquelles s'ajoute le programme de lixiviation, deviendront des facteurs de plus en plus importants dans la campagne menée par Denison afin de réduire ses coûts de production et d'améliorer sa productivité. Les mesures susmentionnées devraient permettre à la société d'améliorer de 10 % sa production en 1984 et pourraient même contribuer à une augmentation de 20 % de sa production future avec la mise en exploitation d'un plus grand nombre de zones. Tous les grands travaux d'expansion de la propriété principale de la société Denison ont été terminés à la fin de 1983. À ce moment, la mine de Stanrock – Can-Met, concession adjacente, a été mise en veilleuse et sera gardée en bon état puisque la société n'aura pas besoin, avant quelques années, de la production de cette mine pour respecter ses contrats passés avec Hydro-Ontario.

En 1984, la production globale de Rio Algom a atteint 2 900 t U. Dans le cadre d'un plan élaboré à la fin de 1982 afin d'établir un équilibre plus étroit entre la production et les livraisons prévues en vertu des contrats en cours, la société a décidé de maintenir à environ 12 000 t/j la production combinée de minerai de ses trois centres de production d'Elliot Lake (mines Quirke, Panel et Stanleigh). Ce taux de production suffit pour permettre à la société d'effectuer ses livraisons totales d'environ 44 000 t U prévues en vertu des contrats de vente à long terme jusqu'à l'an 2020.

Le programme intensif actuellement réalisé par la société afin d'accroître sa productivité a donné des résultats positifs. Les coûts ont pu être réduits grâce à la mécanisation de ses installations, à une meilleure formation de la main-d'œuvre et à la préparation de galeries de traçage dans le minerai. Le programme de lixiviation du minerai souterrain joue également un rôle important. Au cours des prochaines années la société pourrait obtenir, par lixiviation, 20 % de sa production totale.

Réalisé à des coûts inférieurs aux prévisions, le programme de réfection de la propriété Stanleigh a marqué la fin du programme d'expansion entrepris en 1975 et dans lequel Rio Algom a engagé des millions de dollars. L'installation de broyage de la mine Stanleigh a été mise en service comme prévu en juillet 1983 et avait atteint sa capacité nominale de production à la fin de 1984. Au cours des 40 années prévues d'exploitation, la mine devrait fournir environ 28 000 t U à Hydro-Ontario qui a financé le projet et s'est engagée à en acheter l'entière production.

À Bancroft, Ontario, Madawaska Mines Limited a présenté un projet de déclassement et de fermeture à la Commission de contrôle de l'énergie atomique du Canada (CCEA) en juin 1983, et les autorisations demandées ont été accordées en novembre. Des autorisations analogues ont été accordées relativement aux installations de récupération par lixiviation que l'Agnew Lake Mines Limited exploite à 90 km à l'est d'Elliot Lake. Comme prévu, la production de ces installations a pris fin au début de mars 1983. Les travaux autorisés en vertu des permis de déclassement accordés par la CCEA ont été en grande partie achevés en 1984. Si après la période de surveillance prescrite, la CCEA considère que les sociétés se sont conformées aux normes environnementales, elles seront alors dégagées de toute responsabilité prévue à l'égard des propriétés en vertu de la *Loi sur le contrôle de l'énergie atomique*.

En 1984, la production de la mine Rabbit Lake exploitée par Eldorado, en Saskatchewan, a surpassé celle de l'année précédente. À l'achèvement du projet d'expansion de Collins Bay (B), la capacité de production annuelle d'Eldorado sera ramenée à 2 000 t U. Même si l'exploitation du gisement de Rabbit Lake a pris fin vers le milieu de 1984, les réserves de minerai

PRINCIPAUX GISEMENTS D'URANIUM DE LA SASKATCHEWAN

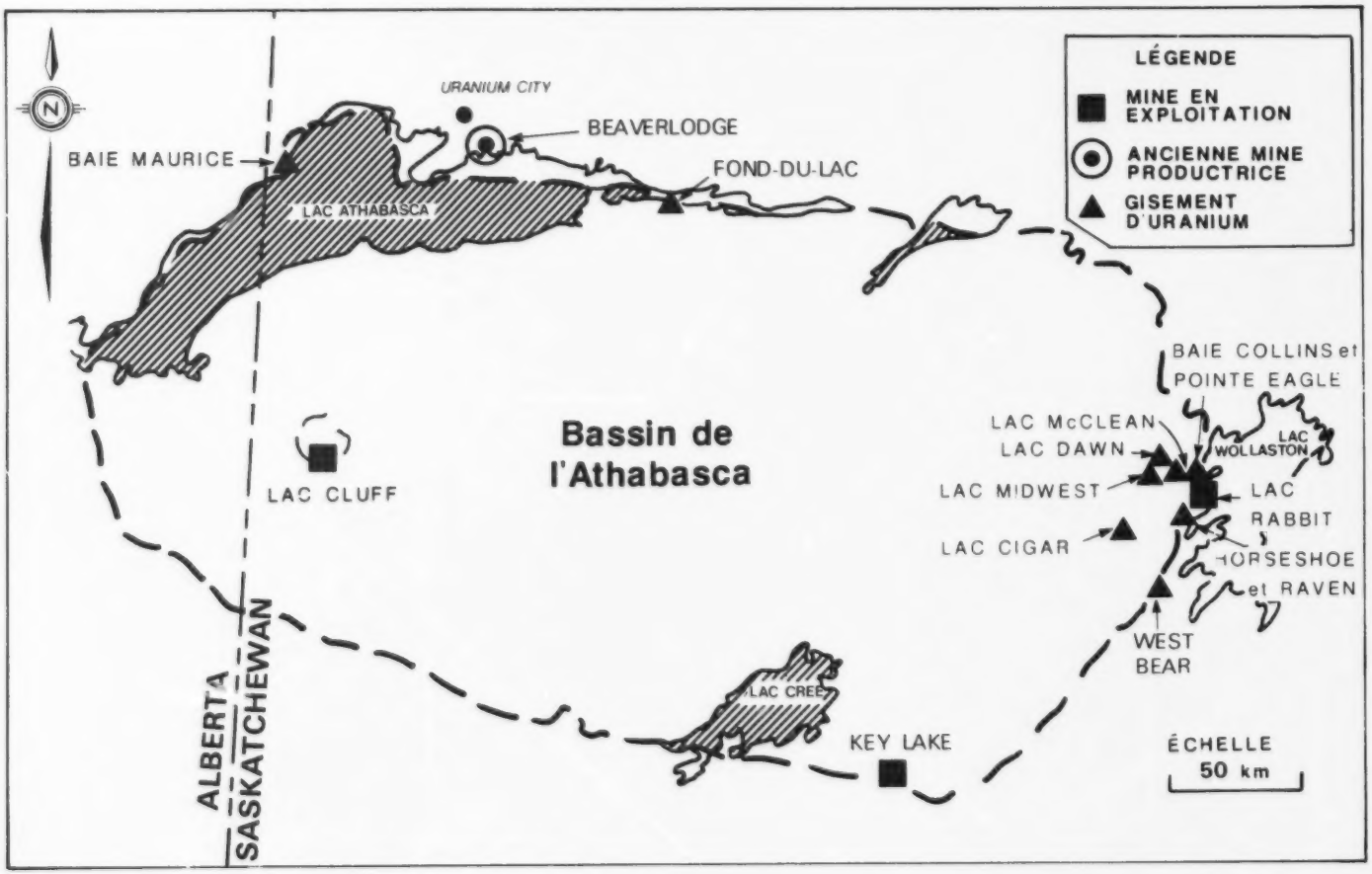


FIGURE 2

DISTRICT DE PRODUCTION D'ELLIOT LAKE (ONTARIO)

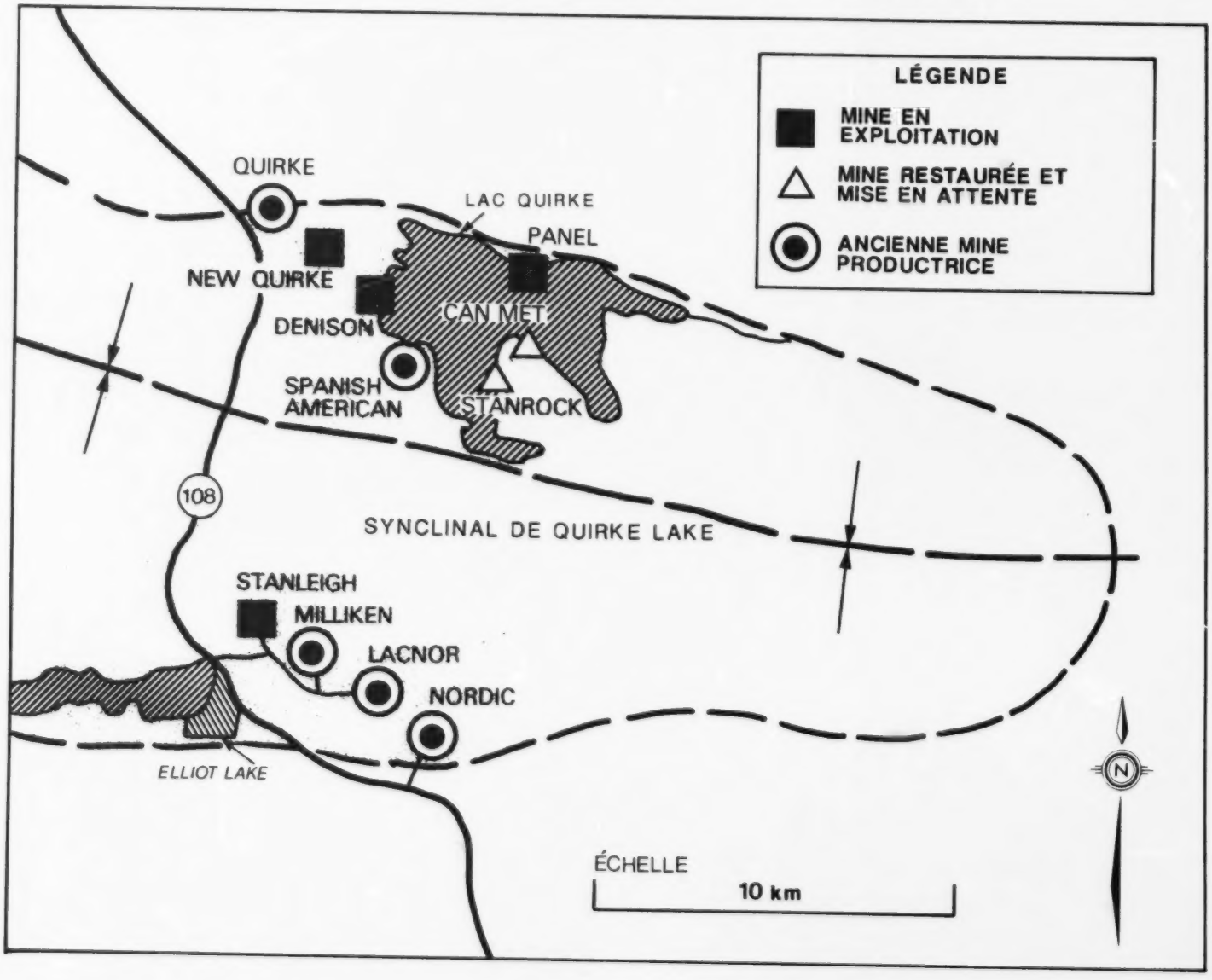


FIGURE 3

provenant de la mine à ciel ouvert continueront d'alimenter les installations de broyage jusqu'en 1986; le gisement B devrait être mis en production cette année-là. La société a préparé la fosse à ciel ouvert du gisement épuisé de Rabbit Lake afin de s'en servir comme centre d'élimination des résidus d'exploitation du gisement Collins Bay (B).

Eldorado a commencé ses travaux de mise en valeur du gisement Collins Bay (B) à environ 9 km au nord-est de l'installation de broyage de Rabbit Lake après avoir signé avec le gouvernement de la Saskatchewan en mars 1983 un contrat de location des installations de surface. Des digues ont été construites à l'emplacement afin d'endiguer les eaux de la petite baie sous laquelle se trouve le gisement. Les eaux de la baie ont été drainées et l'enlèvement des morts-terrains est à toutes fins utiles terminé. La capacité du broyeur de Rabbit Lake sera porté à 1 500 t/j afin de faciliter le traitement d'une plus grande gamme de minerais complexes uranifères. L'ammoniac utilisé pour la précipitation des concentrés de broyage sera remplacé par du peroxyde d'hydrogène afin de satisfaire aux normes environnementales plus rigoureuses.

Dans le Nord-Ouest de la Saskatchewan, la Cluff Mining, dont l'Amok Ltée détient 80 % des intérêts et la Saskatchewan Mining Development Corporation (SMDC) 20 %, a terminé en août 1984 la construction des installations de la phase II de son projet. Les travaux ont pris fin deux mois plus tôt que prévu. Le gouvernement de la Saskatchewan a accepté au début de 1983 l'évaluation environnementale et les modalités du projet de location en surface présenté par la société.

L'enlèvement des morts-terrains du gisement Claude a commencé au début de 1983. La préparation de la galerie inclinée de la nouvelle mine O-P a pris fin en novembre 1983. Creusée en prévision de la mise en valeur du gisement souterrain, cette galerie permettra l'accès au gisement avoisinant Dominique-Peter qui est beaucoup plus gros. La mine souterraine O-P et la mine à ciel ouvert Claude ont été mises en production en avril 1984. Les installations construites au cours de cette phase II afin de traiter du minerai d'une catégorie plus classique que celui de catégorie très pure extrait au gisement D au cours de la phase I du projet auraient une capacité annuelle d'extraction et de traitement d'environ 230 000 t et produiraient de 850 à 1 270 t U/année.

Les installations que KLMC exploite à Key Lake dans le Nord de la Saskatchewan ont atteint, en 1984, leur capacité nominale d'environ 4 600 t U/année pour ainsi devenir le plus grand centre mondial de production d'uranium.

La présence de minerai de catégorie supérieure et le faible niveau des coûts de production en font l'un des centres les plus concurrentiels au monde.

Commencée en octobre 1983, la mise en service progressive des installations s'est poursuivie sans anicroches jusqu'en novembre, et le broyeur a atteint un taux de récupération de 95 % en décembre. KLMC a entrepris en mai 1984 l'installation d'un broyeur semi-autogène (BSA) qui lui permettra de régler les problèmes que lui cause la teneur élevée en argile dans le minerai. Terminé à la fin de l'année, le BSA qui fonctionne en circuit indépendant devrait permettre à la société de maintenir son niveau nominal de production.

KLMC est une entreprise en participation qui regroupe SMDC (la moitié des intérêts), Uranerz Exploration and Mining Limited (un tiers des intérêts) et Les Ressources Eldor Limitée, propriété exclusive d'Eldorado Nucléaire Limitée (un sixième des intérêts).

À Calgary, en Alberta, Earth Sciences Extraction Company a exploité en 1983 et 1984 une petite usine d'une capacité annuelle de 50 t U récupéré comme sous-produit. L'uranium est récupéré de l'acide de Western Co-operative Fertilizers Limited. La production de l'usine de récupération n'est pas incluse dans la production totale du Canada étant donné que l'uranium est récupéré de roches phosphatées importées des États-Unis. L'uranium est vendu à contrat à des entreprises de service public américains.

Comme l'indique le tableau 3, l'effectif des installations de production d'uranium du Canada en janvier 1985 s'élevait à environ

TABLEAU 3

Main-d'œuvre des producteurs canadiens d'uranium (31 décembre 1984)

Société (mine)	Nombre total d'employés (mine, usine, services généraux)
Cluff Mining	309
Denison Mines Limited	2 200
Les Ressources Eldorado Limitée (Rabbit Lake)	319
Key Lake Mining Corporation	427
Rio Algom Limitée (Quirke)	1 069
(Panel)	669
(Stanleigh)	818
Total	5 811

5 800 employés dont environ 2 500 travaillaient dans les mines souterraines et à ciel ouvert et plus de 700 dans les installations de traitement; le reste de la main-d'œuvre était affecté aux services généraux. Les employés des sièges sociaux et les travailleurs de la construction ne sont pas inclus. L'effectif de 1984 qui se rapproche étroitement des quelque 6 000 employés de 1982 montre que les 1 200 emplois perdus en 1982-1983, surtout en raison de l'arrêt de la production à Madawaska, de la fermeture des installations de Beaverlodge, dans le Nord de la Saskatchewan, et de l'arrêt progressif des activités à Agnew Lake, ont été en bonne partie remplacés par les nouveaux emplois créés en raison du démarrage d'installations nouvelles et agrandies, de production d'uranium, surtout en Saskatchewan.

Potentiel de production supplémentaire

En plus des centres de production en exploitation qui sont indiqués au tableau 2 et décrits à la section précédente, il existe plusieurs projets qui pourraient devenir des sources de production d'uranium avant la fin des années 90 selon les conditions du marché (3). Le tableau 4 fait le bilan de ces projets.

Les travaux de mise en valeur de certains de ces projets ont été reportés en attendant l'amélioration des conditions du marché de l'uranium (par exemple les projets Milliken-Lacnor-Nordic, Midwest Lake et Kitts-Michelin). Les travaux de préparation de deux projets en Colombie-Britannique (les projets Birch Island et Blizzard) ont été interrompus au début de 1980 en raison du moratoire de sept ans que le gouvernement de la province a imposé sur les travaux d'exploration et d'extraction de l'uranium. Les forages d'exploration ou les études de faisabilité réalisés dans le cadre des projets Dawn Lake, McClean Lake, Cigar Lake et Lone Gull se sont poursuivis sans pour autant qu'on ait établi de plans déterminés de production. Un certain nombre de ces projets en arriveront éventuellement à l'étape de la production.

L'annonce de la découverte de Cigar Lake dans le projet Waterbury Lake par SERU Nucléaire (Canada) Limitée* au début de 1983 revêt une importance particulière. Les forages de délimitation du gisement se

*Nom remplacé en 1984 par Cogema Canada Limitée.

TABLEAU 4

Centres éventuels de production d'uranium

Projet et emplacement de la propriété	Société	Type de gisement
ONTARIO		
Projet Milliken-Lacnor-Nordic, Elliot Lake (Ont.)	Rio Algom Limitée	Conglomérat
SASKATCHEWAN		
Projet Cigar Lake, Cigar Lake (Sask.)	Cigar Lake Mining Corporation	Allié aux discordances
Projet Dawn Lake, Dawn Lake (Sask.)	Saskatchewan Mining Development Corporation	Allié aux discordances
Projet McClean Lake, McClean Lake (Sask.)	Canadian Occidental Petroleum Limited	Allié aux discordances
Projet Midwest Lake, Midwest Lake (Sask.)	Esso Minerals Canada	Allié aux discordances
AUTRES		
Projet Birch Island, Birch Island (C.-B.)	Consolidated Rexspar Minerals and Chemicals Limited	D'origine volcanique
Projet Blizzard, Beaverdell (C.-B.)	Ressources énergétiques Norcen Limitée	De surface
Projet Kitts-Michelin, Makkovik (T.-N.)	Brinco Limited	Filonien et d'origine volcanique
Projet Lone Gull, près de Baker Lake (T.N.-O.)	Urangesellschaft Canada Limited	Allié aux discordances

sont poursuivis en 1983 et 1984 (voir *Travaux d'exploration*) et le 16 mai 1985, le consortium Cigar Lake Mining Corporation (CLMC), chargé d'exécuter les travaux, était créé.

CLMC doit d'abord trouver des méthodes appropriées d'extraction souterraine et de traitement du minerai et terminer une étude d'évaluation des répercussions environnementales. Il semblerait qu'environ 4 millions de dollars seront engagés dans cette phase des travaux en 1985-1986. La faiblesse de la roche avoisinante de la zone minérale et les niveaux de rayonnement associés à la présence de minerai à forte teneur en uranium sont des questions à régler afin de créer un milieu de travail sûr. Le projet est exécuté en coentreprise par SMDC (50,75 % des intérêts), Cogema (32,625 %), Idemitsu Uranium Exploration Canada Ltd. (12,875 %), et Corona Grande Exploration Corporation (3,75 %), filiale en propriété exclusive de Cogema.

Capacité théorique prévue de production

Afin de donner un aperçu de la disponibilité de l'uranium à court terme, on a établi une projection de la capacité théorique de production du Canada jusqu'en 1995 (tabl. 5, fig. 4). Le scénario est fondé sur la capacité *assurée* de production, c'est-à-dire celle des centres de production existants seulement comme indiqué au tableau 2. La projection est établie à partir des niveaux de production qui peuvent être atteints en pratique et en réalité dans les circonstances actuelles. Les niveaux réels de production de ces centres dépendront d'un certain nombre de variables opérationnelles et pourraient être différents des prévisions.

Seules les ressources mesurées, indiquées et présumées dans les catégories de prix A plus B (c'est-à-dire minerai récupérable à des prix de 150 $/kg U ou moins) ont été incluses dans les prévisions. La durée de vie de ces centres de production pourrait être accrue, dans certains cas, grâce à l'exploitation des ressources associées vendues à des prix plus élevés ou à des additions de ressources de la catégorie de prix A plus B en raison des résultats des travaux continus d'exploration et de mise en valeur. Aucun engagement n'a été pris relativement à la mise en production d'autres centres de production que ceux actuellement en exploitation.

La figure 5 illustre la quantité totale des ressources en uranium exploitables au Canada. Ces ressources ont été réparties dans quatre catégories, chacune étant ensuite subdivisée en prenant en considération différents critères comme la catégorie de minerai du centre de production, le prix de production de l'uranium et la proximité des ressources et des centres de production. Ces quantités illustrées dans la figure au moyen d'une étoile représentent les ressources actuellement connues dont les coûts d'exploitation sont actuellement les plus bas au Canada. Ces ressources liées aux centres actuels de production ont été utilisées afin de préparer le scénario de la figure 4 sur la capacité prévue de production. Il est donc évident que de grandes quantités d'uranium

TABLEAU 5

Capacité des centres existants de production d'uranium du Canada

Année	Tonnes d'uranium contenu dans des concentrés
1985	11 500
1986	12 000
1987	12 000
1988	12 000
1989	12 000
1990	12 000
1991	12 000
1992	11 700
1993	11 500
1994	11 000
1995	11 000

classées dans la catégorie du minerai exploitable à coût élevé ou associées à des centres éventuels de production pourront faire l'objet de projets futurs d'exploitation. Par ailleurs, les possibilités d'augmenter ces ressources par de nouvelles découvertes sont très prometteuses comme le montrent les estimations des ressources de la catégorie pronostiquée (voir la partie II, *SOURCES*).

2. Besoins

a) PROGRAMME NUCLÉAIRE CANADIEN

La politique canadienne en matière d'uranium exige que l'on réserve suffisamment d'uranium à la consommation nationale pour permettre à chaque réacteur actuellement en exploitation ou dont la mise en service est prévue au cours des dix prochaines années, de fonctionner à une capacité annuelle moyenne de 80 % pendant 30 ans à compter de 1985 ou de la date de mise en service du réacteur si cette dernière est ultérieure.

COMPARAISON DE LA CAPACITÉ DE PRODUCTION D'URANIUM DU CANADA ET DES BESOINS ESTIMATIFS DU PAYS

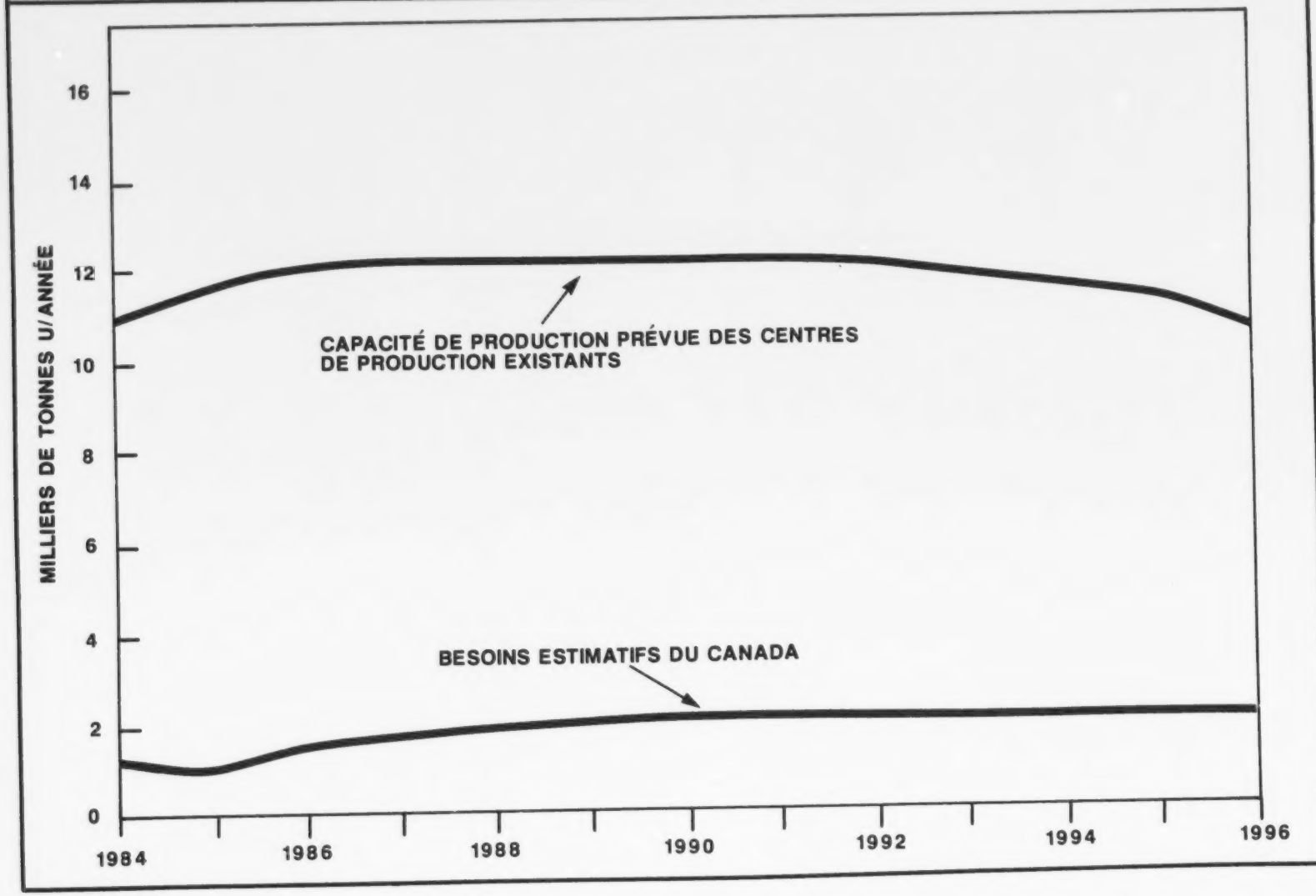
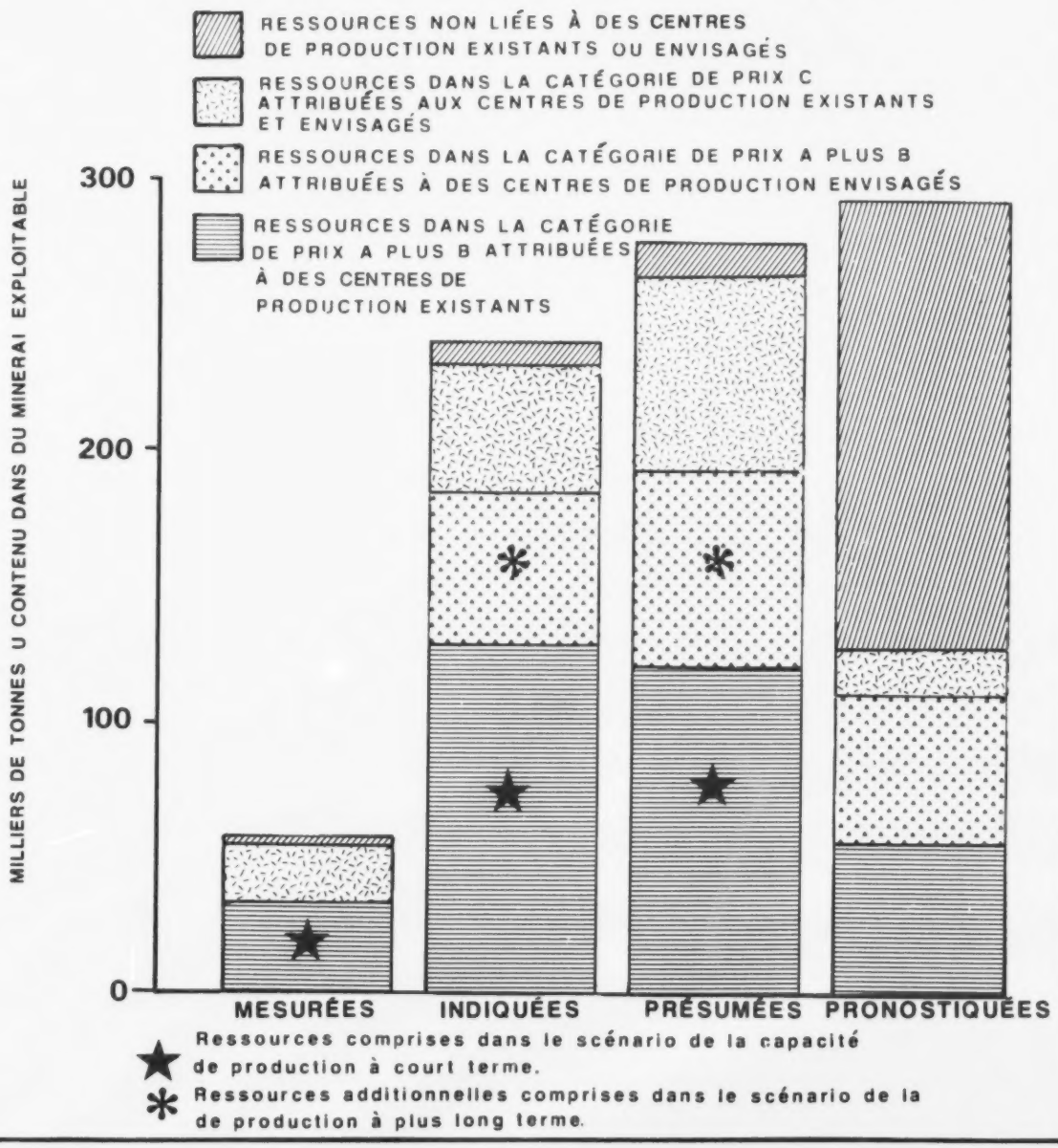


FIGURE 4

FIGURE 5

RESSOURCES D'URANIUM AU CANADA
(31 DÉCEMBRE 1984)

RAPPORT ENTRE LES RESSOURCES PAR CATÉGORIE DE PRIX ET LES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE CENTRES DE PRODUCTION



La détermination de ces besoins en uranium est fondée sur les prévisions de la puissance nucléaire installée indiquée au tableau 6. À la fin du premier semestre de 1985, la puissance totale des centrales en exploitation ou devant être mises en service d'ici 1995 était de 15 227 MWe. En plus de toute cette puissance prévue, on envisage également la mise en service, d'ici 1995, d'un deuxième groupe à la centrale Pointe-Lepreau qui fera passer la puissance installée totale à 15 862 MWe.

Au cours des 30 années prescrites, on évalue à environ 67 000 t U les besoins en uranium des réacteurs qui fourniront cette puissance de 15 862 MWe. Les estimations sont fondées sur la consommation en combustible prévue dans les plans de conception des centrales en exploitation. L'introduction des méthodes améliorées de combustion permettrait peut-être de réduire les besoins d'environ 15 %. Comme le montre le tableau 7, les besoins annuels, y compris les premiers faisceaux de combustible du cœur des futurs réacteurs sont censés passer d'environ 1 300 t U/année en 1984 à environ 2 140 t en l'an 2000.

Il est possible de déterminer si les ressources canadiennes d'uranium suffisent aux besoins en comparant nos besoins intérieurs, évalués à 67 000 t indiquées au paragraphe précédent, aux estimations des ressources de tous les producteurs canadiens qui vendent de l'uranium. Seules les ressources classées dans les catégories mesurées, indiquées et présumées, récupérables à un prix de 150 $/kg U ou moins, c'est-à-dire les catégories de prix A plus B, sont prises en considération aux fins

TABLEAU 6

Centrales nucléaires au Canada (juillet 1985)

Réacteurs	Propriétaire	Production nette (MWe)	Date de mise en service
Pickering 1 à 4	Hydro-Ontario	2 060	1971-1973
Bruce 1 à 4	Hydro-Ontario	3 016[r]	1977-1979
Pointe-Lepreau	La Commission d'Énergie Électrique du Nouveau-Brunswick	635	1983
Gentilly 2	Hydro-Québec	638	1983
Pickering 5 et 6	Hydro-Ontario	1 032	1983-1984
Pickering 7	Hydro-Ontario	516	1985
Pickering 8	Hydro-Ontario	516	1985[p]
Bruce 6	Hydro-Ontario	815[r]	1984
Bruce 5	Hydro-Ontario	815[r]	1985
Bruce 7 et 8	Hydro-Ontario	1 660[r]	1986-1987[p]
Darlington 1 à 4	Hydro-Ontario	3 524	1988-1992[p]
Production nette totale prévue en 1993		15 227 MWe	

r: révisé p: prévu

TABLEAU 7

Estimation des besoins annuels en uranium du Canada*

Année	Tonnes d'uranium
1983 (réel)	1 390
1984 (réel)	1 300
1985	960
1986	1 710
1987	1 740
1988	1 780
1989	1 910
1990	2 080
1995	2 140
2000	2 140

*Estimation des besoins en combustible dans le cadre des programmes relatifs à l'énergie nucléaire d'Hydro-Ontario, d'Hydro-Québec et de La Commission d'Énergie Électrique du Nouveau-Brunswick. Les besoins de 1985 montrent qu'il y a eu un excédent des approvisionnements en 1983 et 1984.

de la détermination. Par ailleurs, on applique des facteurs de pondération de 1,0, 0,8 et 0,7 respectivement aux tonnages des catégories mesurées, indiquées et présumées pour tenir compte du degré de fiabilité moins élevé attribué (par définition) aux catégories indiquées et présumées. En décembre 1984, les réserves récupérables totales ajustées (RRTA), calculées de la façon indiquée, étaient d'environ 210 000 t U.

La première colonne de la figure 6 montre, en comparant les besoins en combustible du Canada pour la période prescrite de 30 années aux réserves récupérables totales ajustées, que l'excédent théorique à l'exportation serait d'environ 143 000 t U. Cependant, en tenant compte des quantités déjà prévues dans les contrats de vente, l'excédent réel à l'exportation en vertu de nouveaux contrats est ramené à environ 63 000 t U comme on peut le constater à la deuxième colonne de la figure.

b) VENTES D'URANIUM FAISANT L'OBJET D'ENGAGEMENTS

La majeure partie des besoins en uranium à court terme du pays est attribuable au Programme d'énergie nucléaire d'Hydro-Ontario. En février 1978, le gouvernement de l'Ontario a approuvé les deux principaux contrats d'approvisionnement en uranium de la société. Ces contrats passés avec Denison Mines Limited et Rio Algom Limitée lui permettront de répondre à presque tous ses besoins prévus jusqu'au début du siècle prochain; les livraisons des deux fournisseurs sont censées se poursuivre jusqu'en l'an 2012 et l'an 2020 respectivement. Des contrats devant permettre de satisfaire à la majeure partie des autres besoins canadiens jusqu'à la fin du siècle ont été signés ou sont en voie de négociation. Au début de 1985, le total des engagements nationaux s'élevait à plus de 77 000 t U.

En 1984, les producteurs canadiens ont expédié 9 693 t U évaluées à 916 millions de dollars. Plus de 85 % de ces expéditions étaient destinées aux marchés d'exportation. En 1984, le prix moyen à l'exportation a été de 90 $ CAN/kg U. Le marché au comptant a eu une forte incidence sur les prix, étant donné qu'en 1984 plus de 25 % des livraisons à l'étranger étaient payées au comptant comparativement à 10 % en 1983 et à seulement 1,5 % en 1982.

Le tableau 8 qui montre l'importance relative des acheteurs étrangers d'uranium canadien indique qu'entre le 5 septembre 1974 et le 31 décembre 1984, le gouvernement fédéral a étudié et approuvé des contrats représentant environ 104 000 t U. Le total calculé à la fin de 1984 représente des livraisons prévues en vertu de plus de 110 contrats dont plus du tiers sont encore en vigueur. De 1985 à l'an 2003, les livraisons totales à l'étranger devraient représenter environ 63 000 t U. Les exportations effectives de 1984 qui ont atteint environ 6 937 t U étaient surtout destinées aux États-Unis, aux pays de l'Europe de l'Ouest et au Japon (tabl. 9).

Comme le montre la figure 7, le Japon a été le plus important client du Canada puisqu'il a reçu à lui seul environ 37 % des

FIGURE 6

BESOINS CANADIENS EN URANIUM, APPROVISIONNEMENTS FAISANT L'OBJET D'ENGAGEMENTS, ET EXCÉDENTS DISPONIBLES

(AU 31 DÉCEMBRE 1984)

(LES CHIFFRES ENTRE PARENTHÈSES
DÉSIGNENT DES MILLIERS DE TONNES)

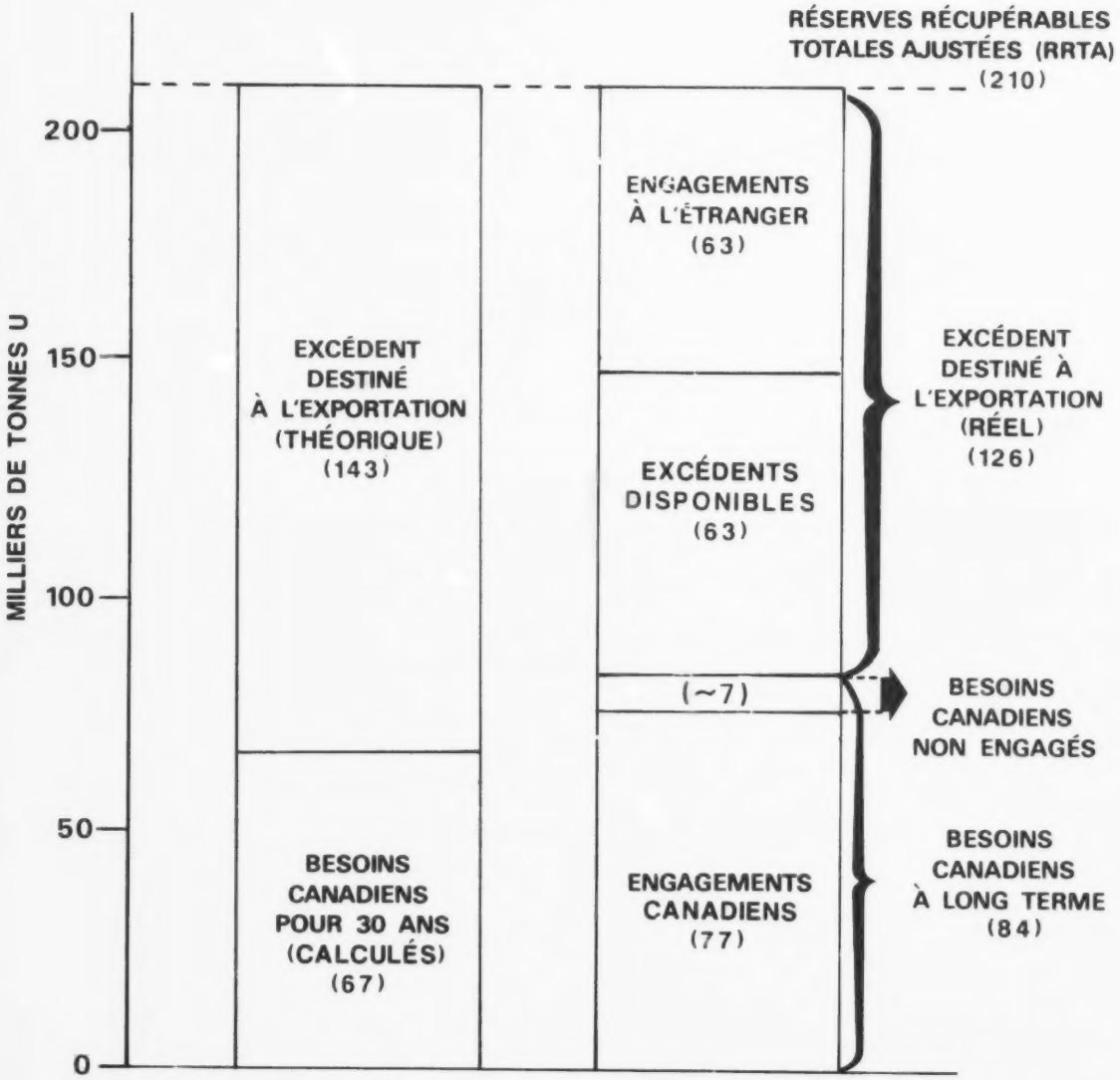
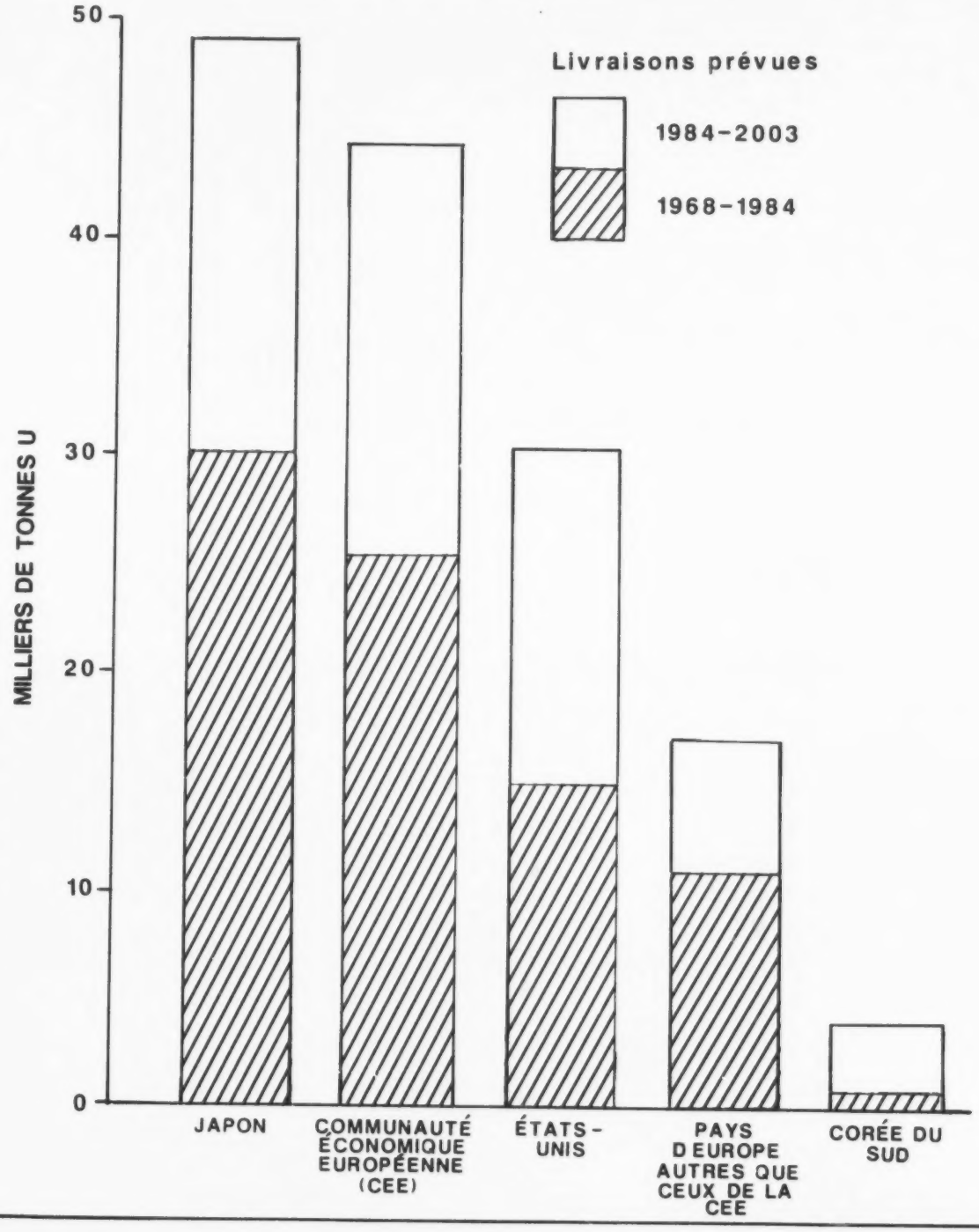


FIGURE 7

LIVRAISONS PRÉVUES D'URANIUM CANADIEN SUR LE MARCHÉ DES EXPORTATIONS



Février 1986

Monsieur, Madame,

Les rapports d'évaluation intitulés *L'uranium au Canada* sont produits à intervalles réguliers par le Groupe d'évaluation des ressources en uranium, d'Énergie, Mines et Ressources Canada. Nous avons besoin de votre aide pour mettre à jour notre liste de distribution et voir quelles améliorations nous pourrions apporter aux rapports futurs. C'est pourquoi nous vous saurions gré de remplir le questionnaire que vous trouverez au verso et de l'envoyer à l'adresse ci-dessous.

Directeur général
Direction de l'uranium et de l'énergie nucléaire
Secteur des ressources énergétiques
Énergie, Mines et Ressources Canada
580, rue Booth
OTTAWA (Ontario)
K1A 0E4

PARTIE A

Nom: _____

Titre: _____

Organisme: _____

Adresse: _____

_____

_____

Code postal: _____

PARTIE B Cochez la case appropriée	BEAUCOUP	MOYENNEMENT	PEU	SANS INTÉRÊT
Dans quelle mesure ce rapport vous informe-t-il sur les sujets suivants?				
– Exploration	( )	( )	( )	( )
– Ressources	( )	( )	( )	( )
– Possibilités d'approvisionnement	( )	( )	( )	( )
– Commercialisation et exportations	( )	( )	( )	( )
– Offre et demande mondiales	( )	( )	( )	( )
– Politique gouvernementale	( )	( )	( )	( )
À quel point la perspective à court terme (10 ans) de ce rapport vous intéresse-t-elle?	( )	( )	( )	( )
À quel point la perspective à long terme (plus de 10 ans) de ce rapport vous intéresse-t-elle?	( )	( )	( )	( )
Quelle importance accordez-vous aux données statistiques et aux tableaux présentés dans le rapport?	( )	( )	( )	( )
Quelle importance accordez-vous au contenu textuel de ce rapport?	( )	( )	( )	( )
À quel point ce rapport est-il utile, globalement, comme ouvrage de référence?	( )	( )	( )	( )
Quels changements vous seraient utiles dans les futurs rapports?	( )	( )	( )	( )

Février 1986

Monsieur, Madame,

Les rapports d'évaluation intitulés *L'uranium au Canada* sont produits à intervalles réguliers par le Groupe d'évaluation des ressources en uranium, d'Énergie, Mines et Ressources Canada. Nous avons besoin de votre aide pour mettre à jour notre liste de distribution et voir quelles améliorations nous pourrions apporter aux rapports futurs. C'est pourquoi nous vous saurions gré de remplir le questionnaire que vous trouverez au verso et de l'envoyer à l'adresse ci-dessous.

Directeur général
Direction de l'uranium et de l'énergie nucléaire
Secteur des ressources énergétiques
Énergie, Mines et Ressources Canada
580, rue Booth
OTTAWA (Ontario)
K1A 0E4

PARTIE A

Nom: _____

Titre: _____

Organisme: _____

Adresse: _____

_____

_____

Code postal: _____

PARTIE B Cochez la case appropriée	BEAUCOUP	MOYENNEMENT	PEU	SANS INTÉRÊT
Dans quelle mesure ce rapport vous informe-t-il sur les sujets suivants?				
– Exploration	( )	( )	( )	( )
– Ressources	( )	( )	( )	( )
– Possibilités d'approvisionnement	( )	( )	( )	( )
– Commercialisation et exportations	( )	( )	( )	( )
– Offre et demande mondiales	( )	( )	( )	( )
– Politique gouvernementale	( )	( )	( )	( )
À quel point la perspective à court terme (10 ans) de ce rapport vous intéresse-t-elle?	( )	( )	( )	( )
À quel point la perspective à long terme (plus de 10 ans) de ce rapport vous intéresse-t-elle?	( )	( )	( )	( )
Quelle importance accordez-vous aux données statistiques et aux tableaux présentés dans le rapport?	( )	( )	( )	( )
Quelle importance accordez-vous au contenu textuel de ce rapport?	( )	( )	( )	( )
À quel point ce rapport est-il utile, globalement, comme ouvrage de référence?	( )	( )	( )	( )
Quels changements vous seraient utiles dans les futurs rapports?	( )	( )	( )	( )

TABLEAU 8

Uranium exporté en vertu de contrats révisés* depuis le 5 septembre 1974

Pays de l'acheteur	Tonnes d'uranium
Allemagne de l'Ouest	11 580
Belgique	3 030
Corée du Sud	5 140
Espagne	3 940
États-Unis	30 360
Finlande	3 510
France	9 390
Italie	1 120
Japon	22 740
Royaume-Uni	7 700
Suède	5 310
Suisse	150
Total	103 970

*Révisés et acceptés en vertu de la politique canadienne en matière d'exportation d'uranium. Les totaux ont été redressés en fonction des nouveaux contrats et des contrats modifiés, à compter de décembre 1984.

TABLEAU 9

Exportations d'uranium canadien

	Tonnes d'uranium contenu*		
Destination finale	**1982**	**1983**	**1984**
Allemagne de l'Ouest	471	490	295
Belgique	85	–	121
Corée du Sud	74	94	30
Espagne	110	–	–
États-Unis	4 852**	860r	2 397
Finlande	96r	179	137
France	–	435	525
Italie	143	–	50
Japon	718	663	2 436
Royaume-Uni	379	675r	692
Suède	889	613r	254
Total	7 817r	4 009r	6 937

r: révisé

* Certaines quantités d'uranium ont d'abord été expédiées à des intermédiaires, entre autres la France, les États-Unis et l'U.R.S.S., pour être enrichies et envoyées ensuite à leur destination finale.

** La majeure partie de cette quantité représente l'uranium que Les Ressources Eldorado Limitée a échangé lors de l'achat des installations de Rabbit Lake.

Source: Commission de contrôle de l'énergie atomique du Canada.

livraisons effectuées par le Canada depuis la signature des tout premiers contrats de vente d'uranium. La majeure partie du reste des exportations ont été expédiés dans les pays de la Communauté économique européenne (31 %), aux États-Unis (18 %) et en Europe de l'Ouest (13 %). Les livraisons prévues en vertu de contrats montrent bien l'importance de ces marchés au cours des prochaines années.

II. PERSPECTIVES À LONG TERME

1. Approvisionnements

a) SOURCES

Les ressources mesurées, indiquées et présumées décrites dans la partie I du rapport continueront d'être la base de la production canadienne jusqu'au début du siècle prochain. Même si les gisements de certains centres actuels de production seront alors épuisés, les ressources des autres suffiront quand même pour assurer la production au cours du siècle prochain. Plusieurs des gisements récemment découverts dans le Nord de la Saskatchewan pourront également être mis en valeur et exploités avant la fin du siècle. Les ressources connues et classées dans la catégorie des prix supérieure (catégorie C), mais qui n'ont pas été prises en considération aux fins de l'établissement du scénario sur la capacité de production décrit à la partie I, pourraient faire augmenter la production si les conditions du marché le justifiaient.

En plus de ces ressources, il existe un important potentiel de découvertes additionnelles. En 1984, ce potentiel a été évalué dans plus de 60 zones uranifères du Canada ce qui a permis d'établir des estimations des ressources pronostiquées et spéculatives de ces régions.

Il importe d'insister sur la distinction à faire entre ces deux types de ressources «non découvertes». Par ressource «pronostiquée», on entend l'uranium qui est censé se trouver dans des zones géologiques bien définies associées à des gisements connus. Les ressources «spéculatives» représentent l'uranium que l'on croit pouvoir trouver dans les régions non exploitées ou dans les régions où l'on ne connaît que la présence de venues de minerai. Les estimations du premier type de ressources non découvertes sont relativement plus sûres en raison de la proximité de gisements déterminés bien délimités ou de leur association étroite avec ceux-ci.

Ressources pronostiquées

L'évaluation des ressources pronostiquées canadiennes en uranium est présentée au tableau 10; on y a inclus les données de 1982.

En raison de l'évaluation des ressources pronostiquées présentée en 1984 par le GERU, des modifications importantes ont dû être apportées aux estimations pour ce qui est de l'aspect géologique des ressources, de la rentabilité des exploitations et de l'emplacement. Deux facteurs importants sont à l'origine de ces changements. Les travaux de délimitation des gisements récemment découverts en Saskatchewan ont

TABLEAU 10

Estimation des ressources pronostiquées en uranium contenu dans du minerai exploitable au Canada[a]

Catégories de prix pour l'exploitation du minerai[b]	En milliers de tonnes d'uranium	
	1984[b]	1982[c]
A	82	(179)
B	121	(102)
C	89	(187)
A + B + C	292	(468)

a) La quantité d'uranium récupérable du minerai sera moindre à cause des pertes en cours de traitement (annexe 1).

b) L'échelle des prix utilisée dans l'estimation de 1984 est la suivante (A) 100 $/kg U ou moins; (B) 100 à 150 $/kg U; et (C) 150 à 300 $/kg U.

c) Les chiffres entre parenthèses sont ceux de l'estimation de 1982; les prix ont été fixés à: (A) 115 $/kg U ou moins et (B) entre 115 et 170 $/kg U; et (C) de 170 à 340 $/kg U.

permis de confirmer les estimations antérieures du potentiel par un transfert des ressources de la catégorie «pronostiquée» aux catégories «présumée» et «indiquée». Le deuxième facteur a été la baisse constante des prix de l'uranium et les pressions inflationnistes exercées sur les coûts de production. Cela explique que certaines ressources pronostiquées ont été classées dans la catégorie de prix supérieure et que certaines réserves de minerai de catégorie inférieure ont été rayées des estimations totales.

Même si presque 60 % des ressources pronostiquées du Canada se trouvent maintenant en Saskatchewan, comparativement à 50 % en 1982 et à 30 % en 1980, et que le sol de l'Ontario ne renferme plus que 6 % du total, comparativement à 19 % en 1982 et 38 % en 1980, l'importance des Territoires du Nord-Ouest demeure essentiellement la même, soit 18 % du total.

D'après ce qui précède, il est évident que les gisements du même type que ceux associés à des discordances sont maintenant les principales cibles des travaux d'exploration. Environ 60 % des ressources pronostiquées totales du Canada sont attribuables à ce type de gisements, surtout dans le Nord de la Saskatchewan et dans les Territoires du Nord-Ouest. Des ajouts importants ont été faits dans la catégorie des ressources pronostiquées pour la région de l'extrémité est du bassin de l'Athabasca depuis la communication des résultats des travaux d'exploration des dernières années.

L'importance des gisements de type conglomérat continue de diminuer puisqu'ils ne représentent maintenant plus que 10 % du total de la catégorie pronostiquée que l'on trouve surtout dans la région d'Elliot Lake en Ontario.

La découverte de gisements filoniens additionnels dans l'orogène des Appalaches présente un intérêt tout particulier.

Moins de 30 % des ressources pronostiquées ont été classées dans la catégorie de prix A, c'est-à-dire celle des ressources qui présentent un intérêt économique dans l'immédiat. Presque tout le potentiel des ressources pronostiquées se trouve en Saskatchewan et est associé à des gisements du même type que ceux de catégorie supérieure de la discontinuité du Protérozoïque. Le potentiel additionnel de ce type de gisement a été classé dans la catégorie de prix supérieure (à remarquer l'augmentation des resources de la catégorie de prix B) faute de pouvoir déterminer avec certitude les coûts d'exploitation de ces ressources si celles-ci ne peuvent être extraites à ciel ouvert. Toutes les ressources pronostiquées du type conglomérat et principalement tout le potentiel des Territoires du Nord-Ouest ont été classés dans la catégorie de prix C en raison des facteurs d'éloignement de ces ressources et de leur catégorie inférieure de minerai.

Ressources spéculatives

Il existe au pays beaucoup d'autres régions où il est possible de trouver des venues d'uranium en plus de celles associées aux gisements connus. Dans le cadre de l'évaluation de 1984, on a procédé à l'évaluation des ressources spéculatives de 12 grandes régions du pays. Ces estimations ont été fondées sur la production antérieure du Canada, sur la répartition des gisements connus d'uranium et sur l'interprétation des structures géologiques choisies selon des modèles conceptuels qui simulent la formation de principaux types de gisements d'uranium choisis (4). La figure 8 donne les régions favorables à la minéralisation de l'uranium, y compris celles qui ont été évaluées par le GERU.

Les conclusions montrent que les ressources spéculatives, en plus de celles mesurées, indiquées, présumées et pronostiquées, peuvent se chiffrer à environ 1 million de tonnes d'uranium. La géologie de ces ressources serait comparable à celle des ressources des gisements connus et exploitables à un prix de 300 $/kg U ou moins. D'autres ressources pourraient exister dans les régions qui n'ont pas encore été évaluées. Il importe cependant d'admettre que l'attribution d'estimations du tonnage à des ressources spéculatives est un exercice surtout qualitatif qui repose sur des probabilités mettant en cause de nombreuses hypothèses subjectives, toute une gamme de facteurs d'incertitude et une base incomplète de données.

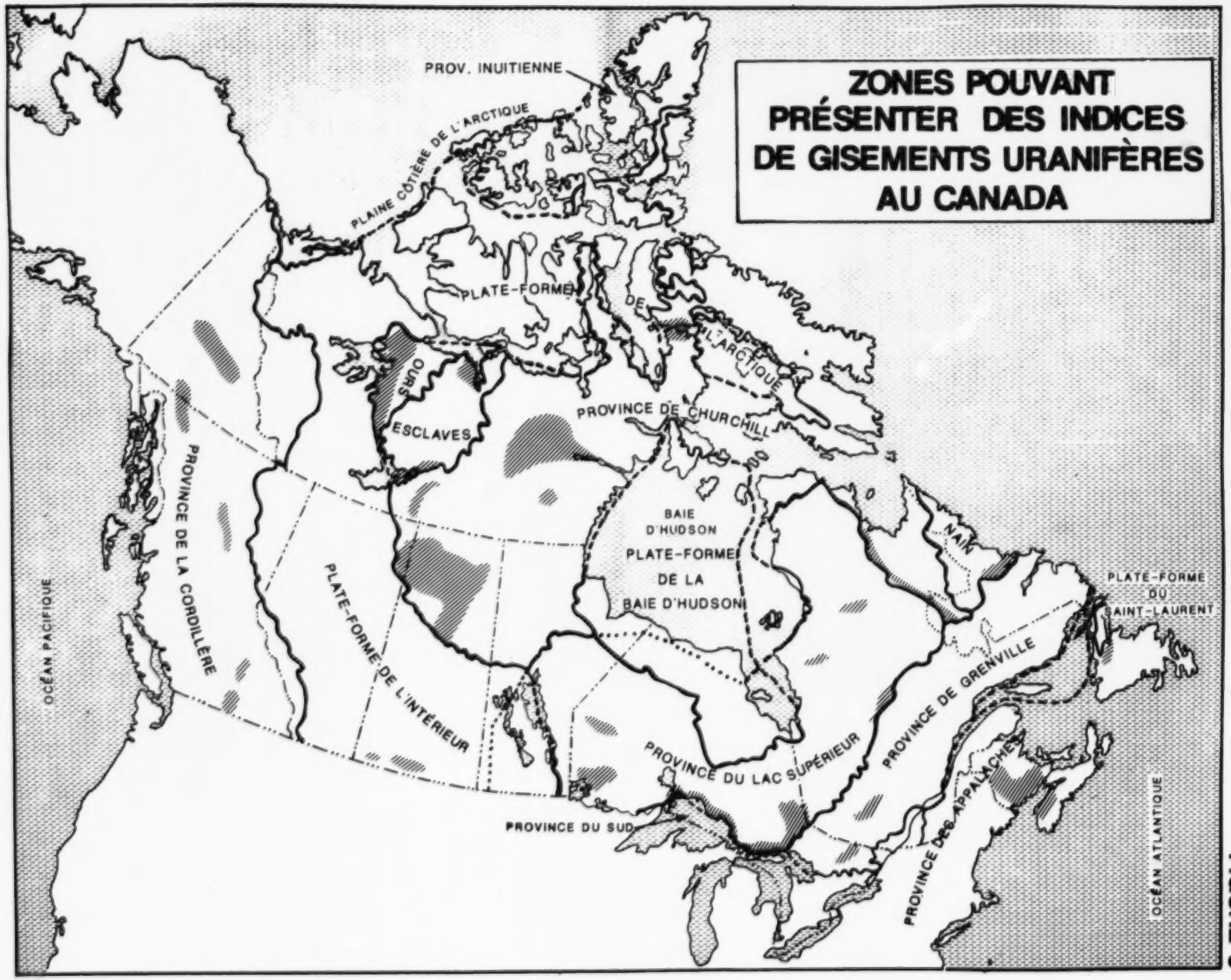

ZONES POUVANT PRÉSENTER DES INDICES DE GISEMENTS URANIFÈRES AU CANADA
PROV. INUITIENNE
PLAINE CÔTIÈRE DE L'ARCTIQUE
PLATE-FORME DE L'ARCTIQUE
OURS
ESCLAVES
PROVINCE DE CHURCHILL
BAIE D'HUDSON
PLATE-FORME DE LA BAIE D'HUDSON
NAIN
PLATE-FORME DU SAINT-LAURENT
OCÉAN PACIFIQUE
PROVINCE DE LA CORDILLÈRE
PLATE-FORME DE L'INTÉRIEUR
PROVINCE DU LAC SUPÉRIEUR
PROVINCE DE GRENVILLE
PROVINCE DU SUD
PROVINCE DES APPALACHES
OCÉAN ATLANTIQUE

FIGURE 8

La majeure partie de ces ressources spéculatives, soit environ 60 %, provient vraisemblablement de gisements alliés à des discordances. Des régions particulièrement prometteuses longent les discordances sous-jacentes à la formation d'Athabasca dans le bassin de l'Athabasca et dans les régions voisines, dans le Nord de la Saskatchewan; d'autres régions sont situées dans le bassin Thelon dans les Territoires du Nord-Ouest. La discordance sous-jacente à la formation de Sibley dans la région de Nipigon (Ontario) et certaines régions de l'Est du pays sont également intéressantes.

Les gisements filoniens renferment environ 10 % des ressources spéculatives du Canada; la majeure partie des ressources est censée se trouver dans l'orogène des Appalaches dans les provinces de l'Atlantique.

Les gisements de type gréseux contiennent moins de 10 % des ressources spéculatives canadiennes. Des indices de cette catégorie de minéralisation se retrouvent dans quelques bassins phanérozoïques de la région de l'Atlantique et dans ceux qui contiennent du grès d'origine continentale, par exemple dans la région de Kelowna-Beaverdell de la Cordillère.

Une très faible proportion des ressources spéculatives canadiennes se trouvent dans des milieux favorables à la présence de gisements d'uranium où la minéralisation est disséminée dans les formations de composition granitique-syénitique du Bouclier canadien et dans la Cordillère. On trouve dans la province de Grenville, en Ontario et au Québec, des régions particulièrement intéressantes.

Bien qu'une partie importante des ressources uranifères répertoriées au Canada proviennent de gisements d'uranium de type conglomératique, les possibilités d'ajouter aux ressources de cette catégorie ne semblent pas bien grandes.

On a découvert des milieux géologiques intéressants, analogues à ceux des autres régions uranifères importantes dans le monde. Les régions qui revêtent une importance particulière sont: les terrains précambriens de la région des monts Wernecke-Ogilvy qui se trouvent dans le Centre du Yukon et qui sont semblables au géosynclinal d'Adelaide et aux régions adjacentes du Sud de l'Australie où l'on trouve les gisements uranifères de Mount Painter, de Radium Hills et de Roxby Downs; les régions du Centre de la Cordillère en Colombie-Britannique où les conditions sont favorables à la découverte de gisements uranifères d'origine volcanique semblables à ceux que l'on trouve dans le Nord-Ouest des États-Unis, au Mexique, en Italie, en Chine, en Argentine, en Australie, en Turquie, en Bolivie et en U.R.S.S., et la région de Millet Brook, en Nouvelle-Écosse, que l'on peut comparer directement au fameux district de La Crouzille situé dans les granites Hercynien du Centre de la France. Il est également possible de découvrir une minéralisation uranifère dans l'Est du Canada où les milieux géologiques sont semblables à ceux du gisement Swanson en Virginie, aux États-Unis, et ce que l'on appelle de «jeunes» gisements uranifères dans l'Est et dans l'Ouest du pays.

L'évaluation des ressources spéculatives au Canada a été grandement facilitée par la disponibilité de données géochimiques et radiométriques régionales recueillies par la Commission géologique du Canada (CGC) dans le cadre du Programme fédéral-provincial de recherche préliminaire de l'uranium, exécuté de 1975 à 1979. Toutes les données compilées au cours du Programme ont été publiées à la fin de 1979. Depuis, des programmes géochimiques ont été exécutés au niveau régional par certains gouvernements provinciaux et de temps à autre par la CGC qui a continué d'acquérir, au cours des levés aériens, un nombre restreint de données de spectrométrie aux rayons gamma afin d'appuyer ses travaux de cartographie géologique.

En 1984, le gouvernement fédéral a passé avec les gouvernements de Terre-Neuve, de la Nouvelle-Écosse, du Nouveau-Brunswick, du Manitoba et de la Saskatchewan des nouvelles ententes sur l'exploitation minérale qui prévoient l'exécution de levés géochimiques régionaux du même type que ceux qui sont effectués dans le cadre du Programme de recherche préliminaire de l'uranium et d'autres levés

aériens radiométriques. Le tableau 11 présente les dépenses totales engagées dans les levés radiométriques et les études géochimiques parrainées par le gouvernement; on y trouve aussi la superficie couverte par les travaux.

Travaux d'exploration

Par rapport aux dépenses totales, 1984 a marqué, pour la quatrième année consécutive, une diminution des travaux d'exploration de l'uranium au Canada.

TABLEAU 11

Total des dépenses des levés radiométriques et des études géochimiques parrainés par le gouvernement et superficie couverte par les travaux

Année	Superficie couverte		Dépenses[a]		
	radiométriques	géochimiques[b]	radiométriques	géochimiques	total
	(km^2)		(en millions de dollars)		
Avant 1977	1 060 000[c]	514 000	3,897	3,593	7,490
1977	487 000[c] 3 000[d]	265 000	2,523	2,277	4,800
1978	433 000[c] 2 500[d]	254 000	2,634	2,182	4,816
1979	13 000[c] 17 000[d]	75 000	0,270	0,785	1,055
1980	63 000[c] 8 500[d]	47 000	0,206	0,470	0,676
1981	– 7 500[d]	74 000	0,112	0,540	0,652
1982	60 000[c] 17 500[d]	94 000	0,442	0,750	1,192
1983	19 500[c] 22 500[d]	99 000	0,397	0,784	1,181
1984	75 500[c] 22 000[d]	96 000	0,616	0,647	1,263
1985[e]	– 37 000[d]	144 000	0,641	1,140	1,781
Total	2 348 500	1 662 000	11,738	13,168	24,906

a) En $ Can pour l'année des travaux, comprend le financement fédéral et provincial.
b) Comprend les levés provinciaux effectués selon les normes nationales établies pour l'exploration géochimique préliminaire.
c) Espacement des lignes de 5 km.
d) Espacement des lignes de 1 km.
e) Estimatif.

Nota: Il est à remarquer que les levés ont été conçus pour aider à l'exploration minérale et à la cartographie géologique en général outre leur application particulière dans le domaine de l'uranium.

Cependant, les forages d'exploration ont augmenté de 20 % par rapport à l'année précédente puisque les activités ont surtout été centrées dans des propriétés établies. Les réponses données dans le questionnaire du GERU au cours de 1984 ont permis de brosser le tableau des travaux d'exploration de quelque 45 sociétés ou entreprises en participation représentant essentiellement toutes les principales organisations qui effectuent de l'exploration en vue de trouver de l'uranium au Canada. L'enquête révèle qu'en 1984 les dépenses totales ont atteint 35 millions de dollars engagés dans environ 84 projets.

En 1984, les travaux d'exploration ont été réalisés presque exclusivement en Saskatchewan, dans les Territoires du Nord-Ouest et au Québec.

En 1983, l'industrie de l'exploration de l'uranium a connu un regain significatif lorsqu'en mars la société SERU Nucléaire (Canada) Limitée (Cogema), chargée de réaliser en coentreprise le projet de Waterbury Lake dans la partie est du bassin de l'Athabasca de la Saskatchewan, a annoncé la découverte d'une minéralisation importante à Cigar Lake, à environ 115 km au nord-est de Key Lake. Les travaux de délimitation du gisement se sont poursuivis en 1983 et 1984.

En janvier 1985, Cogema a fait savoir que le gisement de Cigar Lake renfermait selon ses estimations 110 000 t U contenues dans du minerai titrant 12 % d'uranium. Les autres ressources présumées du prolongement ouest du gisement sont évaluées à 40 000 t U contenues dans du minerai titrant 4 % d'uranium. Les forages ont permis de déterminer que la zone de la minéralisation mesure plus de 1 850 m de longueur sur 25 à 115 m de largeur et de 1 à 20 m d'épaisseur. Le gisement se trouve à une profondeur variant de 410 à 440 m. Les forages de délimitation ont traversé du minerai de catégorie supérieure titrant en moyenne 32 % d'uranium dans une zone de 19 m d'épaisseur. Il est important de souligner que les estimations des ressources préparées par la société représentent des ressources géologiques in situ, c'est-à-dire qu'elles ne tiennent pas compte des pertes prévues en cours d'extraction et de traitement du minerai.

Au nord-est du gisement de Cigar Lake, Canadian Occidental Petroleum Ltd. et Inco Ltée ont proposé, dans un projet financé à parts égales, de donner suite à l'étude conceptuelle que Inco a terminée en décembre 1982 relativement à l'exploitation souterraine des gisements McClean qui se trouvent à des profondeurs variant de 150 à 175 m, et qui renfermeraient selon les évaluations de la société plus de 5 000 t U. Même si la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) a approuvé à la fin de 1983 l'émission d'un permis d'exploitation souterraine, la méthode d'extraction proposée n'avait pas encore été mise à l'essai en 1984. En février 1985, Canadian Occidental et Inco ont annoncé la signature d'une entente avec Minatco Limitée, filiale en propriété exclusive de la Total Compagnie Minière de France octroyant à Minatco une option d'achat du tiers des intérêts dans les gisements McClean et JEB. En qualité d'exploitant, Minatco engagera 23 millions de dollars dans un programme intensif d'exploration et une étude de faisabilité de l'exploitation commerciale des gisements. Au cours de la première phase du programme d'exploration, Minatco investira 1 million de dollars en 1985 et 4 autres millions avant 1989.

Les travaux d'exploration poursuivis dans la zone est du bassin de l'Athabasca de la Saskatchewan ont permis de découvrir une nouvelle minéralisation importante d'uranium associée à des tendances structurelles déjà connues. Outre de confirmer les évaluations antérieures du GERU concernant les fortes possibilités de trouver des gisements d'uranium dans la région, ces découvertes ont également permis d'évaluer de façon plus complète la partie intérieure du bassin.

Dans la structure de Carswell, un modèle conceptuel de la genèse de la minéralisation qui n'est pas associée directement à la discontinuité sous-jacente à la formation d'Athabasca a permis de déterminer de nouveaux objectifs d'exploration et de délimiter des ressources additionnelles. La découverte du gisement Dominique-Janine, qui pourra être exploité par des méthodes d'extraction à ciel ouvert, a contribué à accroître le capital-ressources de la région.

L'extrapolation des connaissances géologiques acquises au cours des études des gisements de Lone Gull a permis de délimiter les zones favorables de minéralisations d'uranium dans le bassin Thelon, dans les Territoires du Nord-Ouest. L'Urangesellschaft Canada Limited a découvert deux nouvelles zones près de sa propriété de Lone Gull dans la région de Baker Lake.

La découverte de ressources uranifères en Virginie a suscité un regain d'intérêt dans l'exploration de l'uranium dans l'Est du Canada. Le nombre de forages a également augmenté au Québec depuis que les études de la métallogénie de l'uranium établissent une corrélation entre les gisements des différentes parties du géosynclinal Circon-Ungava.

En général, l'utilisation de nouvelles méthodes d'études géologiques, géochimiques et géophysiques a permis d'améliorer les résultats de l'exploration de l'uranium au Canada. L'introduction de bases de données informatiques, l'utilisation de meilleures stratégies d'exploration faisant appel à la modélisation conceptuelle pour déterminer les objectifs d'exploration et la combinaison des méthodes de levés aériens et d'exploration au sol ont contribué aux récents succès des travaux d'exploration.

Le tableau 12 fait le bilan des travaux de forage d'exploration et de mise en valeur en surface* de l'uranium exécutés de 1976 à 1984. Comme ce fut le cas au début des années 80, presque tous les forages de mise en valeur en surface entrepris en 1984 étaient associés à des découvertes effectuées récemment en Saskatchewan et il n'y a pas eu de travaux effectués ailleurs qu'en Saskatchewan, dans les Territoires du Nord-Ouest et au Québec. Dans l'ensemble, les travaux de forage ont totalisé 197 000 m en 1984; les estimations préliminaires de 1985 montrent que les travaux devraient atteindre 160 000 m.

Une meilleure façon de mesurer l'ampleur des travaux d'exploration de l'uranium est d'examiner les dépenses engagées à cette fin*. Le tableau 13 donne un résumé des dépenses d'exploration engagées de 1976 à 1984.

En 1984, au Canada, 45 sociétés ou entreprises en coparticipation ont participé aux travaux d'exploration de l'uranium; de ce nombre, 19 agissaient en qualité d'exploitants des projets.

Les dix organisations** les plus actives ont engagé 95 % des 35 millions de dollars; il s'agit, dans l'ordre alphabétique, des sociétés suivantes: AGIP Canada Ltd., Amok Ltée, Cogema Canada Limitée, Les Ressources Eldor Limitée, Minatco Limitée, PNC Exploration (Canada) Co. Ltd., Saskatchewan Mining Development Corporation (SMDC), Explorations et Mines Uranerz Limitée, Urangesellschaft Canada Limited et Ressources Westmin Limitée. Cinq d'entre elles se sont classées parmi les dix plus grandes sociétés de 1979 à 1984 inclusivement, trois autres l'ont été depuis 1982.

---

*«Forage d'exploration» désigne le forage effectué pour la recherche de nouveaux gisements d'uranium ou le prolongement de gisements connus; par ce terme, on entend aussi le forage fait sur l'emplacement d'une découverte jusqu'au moment où la société juge qu'il y a des réserves suffisantes de minerai pour justifier une exploitation commerciale. L'expression «forage de mise en valeur en surface» désigne le forage effectué ultérieurement pour avoir une idée plus précise de l'étendue, de la teneur et de la configuration du gisement. Les forages de mise en valeur effectués sur des propriétés en production ne sont pas inclus.

*Dépenses consacrées à des forages d'exploration et de mise en valeur en surface et tous les autres coûts directement associés à des travaux de recherche de l'uranium, à l'exception de l'acquisition des terrains. Les frais d'administration qui ne sont pas directement liés à ces activités ne sont pas inclus.

**Dans certains cas, l'exploitant a signalé des dépenses totales engagées dans le cadre d'une entreprise en coparticipation. Par conséquent, les montants engagés par d'autres sociétés qui n'ont pas répondu au questionnaire du GERU sont donc inclus dans le total des 35 millions de dollars.

TABLEAU 12

Forages d'exploration et de mise en valeur en surface effectués au Canada, 1976 à 1984

Province ou territoire	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
	(en milliers de mètres)								
Saskatchewan	80,8	192,4	233,4	326,6	368,6	300,7	213,5	120,5	165,8
Territoires du Nord-Ouest	9,0	14,3	18,9	45,6	55,1	22,6	21,5	17,6	17,1
Québec	14,1	35,9	21,2	19,5	24,1	18,5	12,4	13,4	14,1
Nouvelle-Écosse	1,6	1,9	9,7	13,9	16,4	9,3	0,0	0,0	0,0
Ontario	21,6	24,7	11,0	24,2	11,1	3,0	0,0	1,4	0,0
Nouveau-Brunswick	1,8	4,1	2,8	3,6	9,1	1,0	0,0	0,0	0,0
Terre-Neuve	15,3	6,1	6,8	20,6	8,1	2,7	0,0	0,0	0,0
Manitoba	1,4	0,0	0,0	2,3	2,9	0,4	0,0	0,0	0,0
Alberta	1,1	3,9	3,9	1,7	1,7	0,6	0,0	0,0	0,0
Yukon	0,7	0,6	0,4	5,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Colombie-Britannique	4,2	18,1	25,4	18,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Non déterminé	3,4	2,1	0,4	1,4	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Total*	155	304	334	483	503	359	247	153	197

*Les chiffres ont été arrondis.

La majorité des intérêts de sept des dix sociétés sousmentionnées est sous contrôle étranger. Les gouvernements nationaux des pays d'origine des sept sociétés appuient directement ou indirectement les travaux d'exploration de l'uranium.

Les sociétés qui ont répondu au questionnaire du GERU n'avaient pas toutes planifié leurs dépenses d'exploration pour 1985 au moment de l'enquête. Cependant, il semble que ces dépenses pourraient atteindre près de 28 millions de dollars.

La figure 9 montre la tendance récente de la participation des sociétés dans l'exploration de l'uranium au Canada. En prenant comme mesure le niveau réel de dépenses engagées au Canada, il est des plus intéressants de remarquer que les sociétés canadiennes et américaines ont diminué leurs dépenses de façon radicale alors que la diminution est plus progressive chez les sociétés étrangères autres que celles des États-Unis. La part, exprimée en pourcentage, des dépenses totales d'exploration de chacun des trois groupes de sociétés est indiquée entre parenthèses à la figure 9.

FIGURE 9

TENDANCES DES DÉPENSES ENGAGÉES DANS L'EXPLORATION DE L'URANIUM AU CANADA

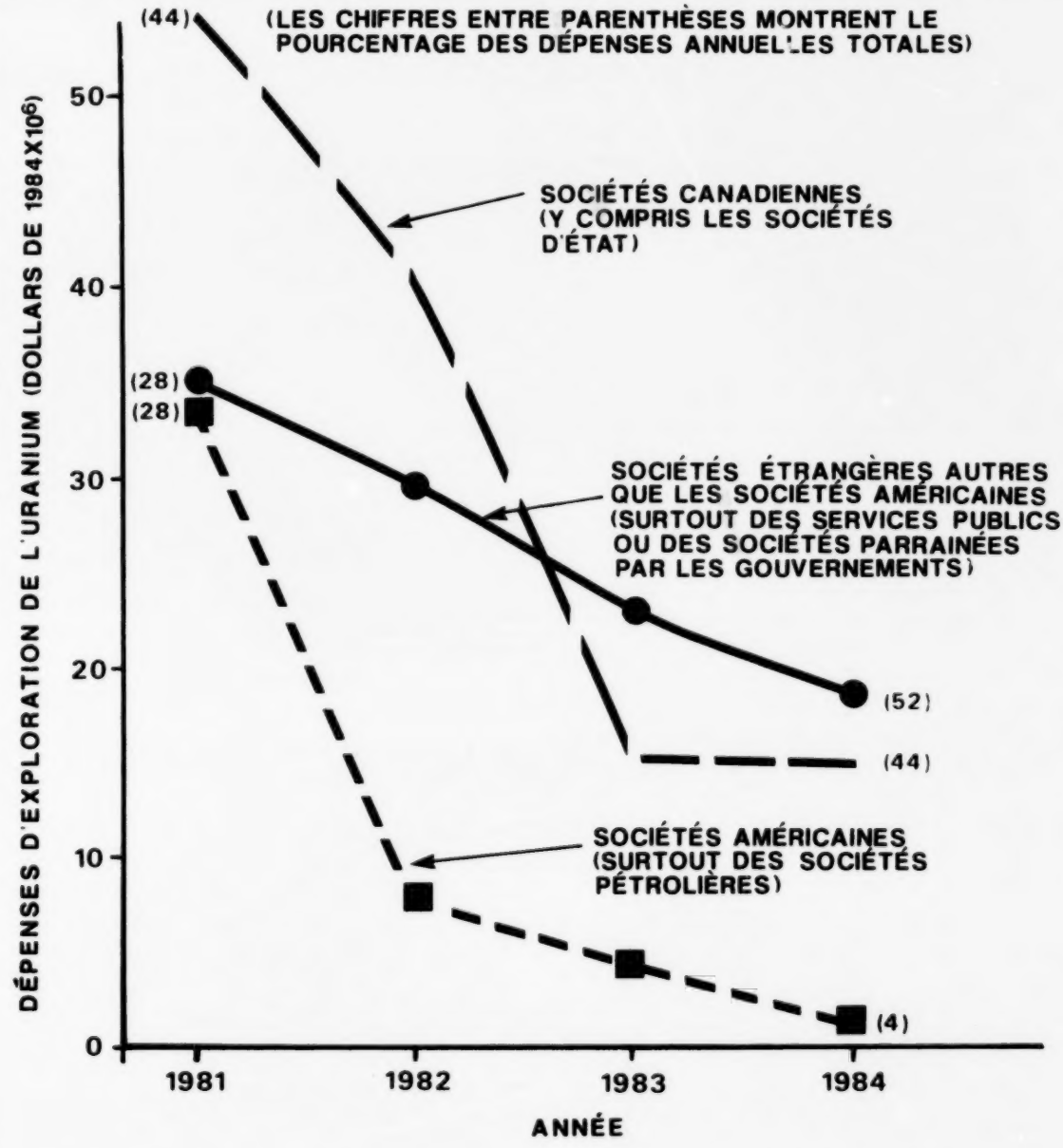


TABLEAU 13

Dépenses engagées dans l'exploration de l'uranium au Canada, 1976 à 1984

Province ou territoire	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
	(en millions de $ Can courants)								
Saskatchewan	13,3	35,3	43,6	70,5	77,2	60,8	47,9	27,3	24,80
Territoires du Nord-Ouest	10,7	13,8	17,0	26,4	29,1	23,6	13,2	7,3	6,40
Québec	7,3	8,4	7,4	7,0	6,4	8,8	8,4	5,6	3,30
Nouvelle-Écosse	0,4	1,5	2,4	3,8	4,5	3,0	0,0	0,0	0,00
Terre-Neuve	2,1	2,3	2,8	6,8	3,7	1,6	0,3	0,4	0,40
Ontario	3,0	2,6	2,3	2,1	1,7	0,9	0,4	0,2	0,00
Nouveau-Brunswick	0,6	1,0	1,2	2,3	1,4	0,8	0,2	0,2	0,00
Yukon	0,8	0,8	1,0	2,7	1,3	0,7	0,3	0,0	0,06
Manitoba	0,3	0,4	0,2	0,6	1,1	0,2	0,0	0,0	0,00
Alberta	1,1	1,0	1,1	1,6	1,0	1,1	0,0	0,0	0,06
Colombie-Britannique	1,1	2,2	7,0	3,9	0,6	0,1	0,0	0,0	0,00
Non déterminé	2,8	2,4	4,0	1,8	0,3	0,5	0,0	0,0	0,06
Total*	44	72	90	130	128	102	71	41	35

*Les chiffres ont été arrondis.

b) DISPONIBILITÉ DE L'URANIUM

La disponibilité de l'uranium, à long terme, dépendra d'un certain nombre de facteurs dont les plus importants sont le maintien et l'accroissement de la demande. Comme mentionné précédemment, les gisements d'uranium connus et associés à certains centres de production existants pourront satisfaire à un niveau de production élevé après 1995. De plus, certains centres éventuels de production pourraient contribuer à un accroissement de la production canadienne si les conditions du marché justifiaient leur mise en valeur.

Deux scénarios de la capacité de production jusqu'à l'an 2025 (tabl. 14*) ont été préparés afin d'illustrer la gamme des

*Méthodologie décrite dans la publication d'EMR intitulée *Monitoring Canada's Uranium Supply* (5).

possibilités de production à long terme. Le scénario de production minimale n'est simplement qu'un prolongement des projections à court terme établies d'après la capacité des centres existants de production. Il vaut la peine de rappeler que seules les ressources des catégories mesurées, indiquées et présumées classées dans la catégorie de prix A plus B (uranium récupérable à 150 $/kg U ou moins) ont été intégrées dans la projection. Selon le scénario, la capacité de production prévue d'environ 12 000 t U/année commencerait à diminuer au début des années 90 à moins d'identifier des ressources additionnelles permettant de prolonger la durée de vie des centres de production ou d'exploiter les ressources de la catégorie de prix C. Les ressources qui alimentent actuellement les centres de production seraient épuisées au début du siècle prochain.

Le tableau 14 présente un résumé du scénario de production maximale qui tient compte du potentiel des centres de production qui pourraient éventuellement être mis en valeur selon les conditions du marché de l'uranium. Cette production additionnelle proviendrait de plusieurs centres envisagés qui seraient appuyés par la mise en valeur des gisements connus décrits à la première partie du rapport (tabl. 4, fig. 5). Si le climat est favorable, la capacité globale de production du Canada pourrait atteindre et même dépasser 15 000 t U/année avant la fin du siècle. Dans ce scénario de production maximale, tous les gisements connus et exploités au taux prévu seraient épuisés avant l'an 2025.

Évidemment, de telles projections à long terme renferment beaucoup d'incertitude, de sorte que le scénario de production établi jusqu'à l'an 2025 ne doit être considéré que comme une description très qualitative des niveaux de production qu'il est possible d'atteindre grâce aux gisements connus. Si l'on veut que la production dépasse ces niveaux, il faudra mettre en service d'autres centres en plus de ceux mentionnés dans la première partie du rapport. Par ailleurs, il faudrait que ce soit surtout de nouvelles découvertes qui permettent l'exploitation de nouveaux centres, ce qui exigerait d'importants travaux d'exploration et de mise en valeur. D'après les estimations des ressources pronostiquées et spéculatives données plus tôt, le potentiel de découvertes additionnelles au Canada est excellent.

Il va de soi que les travaux d'exploration de l'uranium comportent de longs délais de démarrage et des risques particuliers. Il n'est pas rare de voir 15 ans s'écouler entre le début d'un programme d'exploration et la mise en production d'une découverte fructueuse. Ainsi, les programmes d'exploration existants devraient mettre l'accent sur les besoins à long terme du Canada et de ses partenaires commerciaux. Toute perte d'élan qui surviendrait maintenant dans l'exploration pourrait nuire aux possibilités futures d'approvisionnement.

TABLEAU 14

Illustration de la capacité théorique de production à long terme des gisements connus au Canada

Année	Tonnes d'uranium contenu dans des concentrés	
	Scénario de production minimale*	Scénario de production maximale**
1985	11 500	11 500
1990	12 000	12 000
1995	11 000	15 000
2000	3 600	12 100
2005	2 800	8 300
2010	2 100	6 600
2015	0	4 500
2020	0	0
2025	0	0

*Les projections sont uniquement fondées sur les centres de production existants; la production est tirée des ressources actuellement exploitables à un prix de 150 $/kg U ou moins.

**Les projections sont fondées sur les centres de production existants et en chantier; la production est tirée des ressources actuellement exploitables à un prix de 150 $/kg U ou moins.

2. Besoins

a) PERSPECTIVES DE CROISSANCE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

À long terme, les besoins en uranium canadien seront fonction de la croissance de la puissance nucléaire dans les centrales électriques au Canada et chez nos partenaires commerciaux. Déjà, l'industrie nucléaire répond à une part importante des besoins en électricité dans un grand nombre de pays. À la fin de 1984, presque 182 000 MWe de puissance nucléaire ont été installés dans les pays de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques), représentant quelque 18 % du total de l'électricité produite. En effet, dans neuf pays de l'OCDE, le nucléaire assurera plus de 20 % de la production de l'électricité en 1985 (fig. 10). La production d'énergie électrique de l'Ontario dont plus du tiers provient actuellement du combustible nucléaire se compare donc à celle de bon nombre de ces pays (6).

Depuis quelques années, les prévisions de la capacité de production d'énergie nucléaire installée ont été réduites à cause de la diminution des taux de croissance économique prévus et des mesures adoptées dans de nombreux pays en vue d'économiser l'énergie. Malgré ces prévisions à la baisse, l'apport de l'énergie nucléaire aux approvisionnements mondiaux en électricité continue d'augmenter à un rythme stable avec ce que cela comporte sur le plan de l'augmentation des besoins en combustible nucléaire. On prévoit maintenant qu'en l'an 2000 la capacité totale de production d'énergie nucléaire installée au Canada se situera aux environs de 16 000 MWe nécessitant environ 2 100 t U/année. À ce moment-là, l'énergie nucléaire assurera environ 17 % des approvisionnements canadiens en électricité et plus de 60 % en Ontario. Dans l'ensemble, la capacité de production d'énergie nucléaire installée est censée augmenter à 368 000 MWe d'ici l'an 2000 portant à près de 20 % l'apport global de ce type d'énergie à la production d'électricité dans les pays de l'OCDE. Les besoins connexes en uranium passeraient de leur niveau actuel d'environ 32 000 t U/année à plus de 40 000 au début des années 90 et aux environs de 60 000 d'ici l'an 2000 (6). Il convient de noter que les pays de l'OCDE sont à l'origine de plus de 90 % des besoins mondiaux* en uranium.

Il existe beaucoup d'incertitude et de controverse concernant le rôle que jouera l'énergie nucléaire au niveau des approvisionnements mondiaux en énergie après l'an 2000. Toute une gamme de prévisions ont été faites au sujet de la croissance de la puissance nucléaire; elles tiennent compte du taux de croissance économique, des besoins connexes en électricité et de la part que jouera l'énergie nucléaire sur le marché de l'électricité. On prévoit que la capacité totale de production d'énergie nucléaire installée dans les pays de l'OCDE pourrait doubler et même tripler entre l'an 2000 et l'an 2025. De nombreuses possibilités s'offrent pour varier les types de réacteurs pouvant être installés durant cette période, ce qui contribue à l'ampleur des prévisions concernant les besoins en uranium. Il est plus probable, toutefois, que les réacteurs actuellement utilisés continuent à dominer le secteur et que les besoins en uranium continuent d'augmenter à un rythme modéré mais stable. Il est fort possible que les besoins annuels en uranium dépassent 100 000 t U et même 200 000 d'ici l'an 2025.

b) EXIGENCES POUR L'INDUSTRIE PRODUCTRICE D'URANIUM

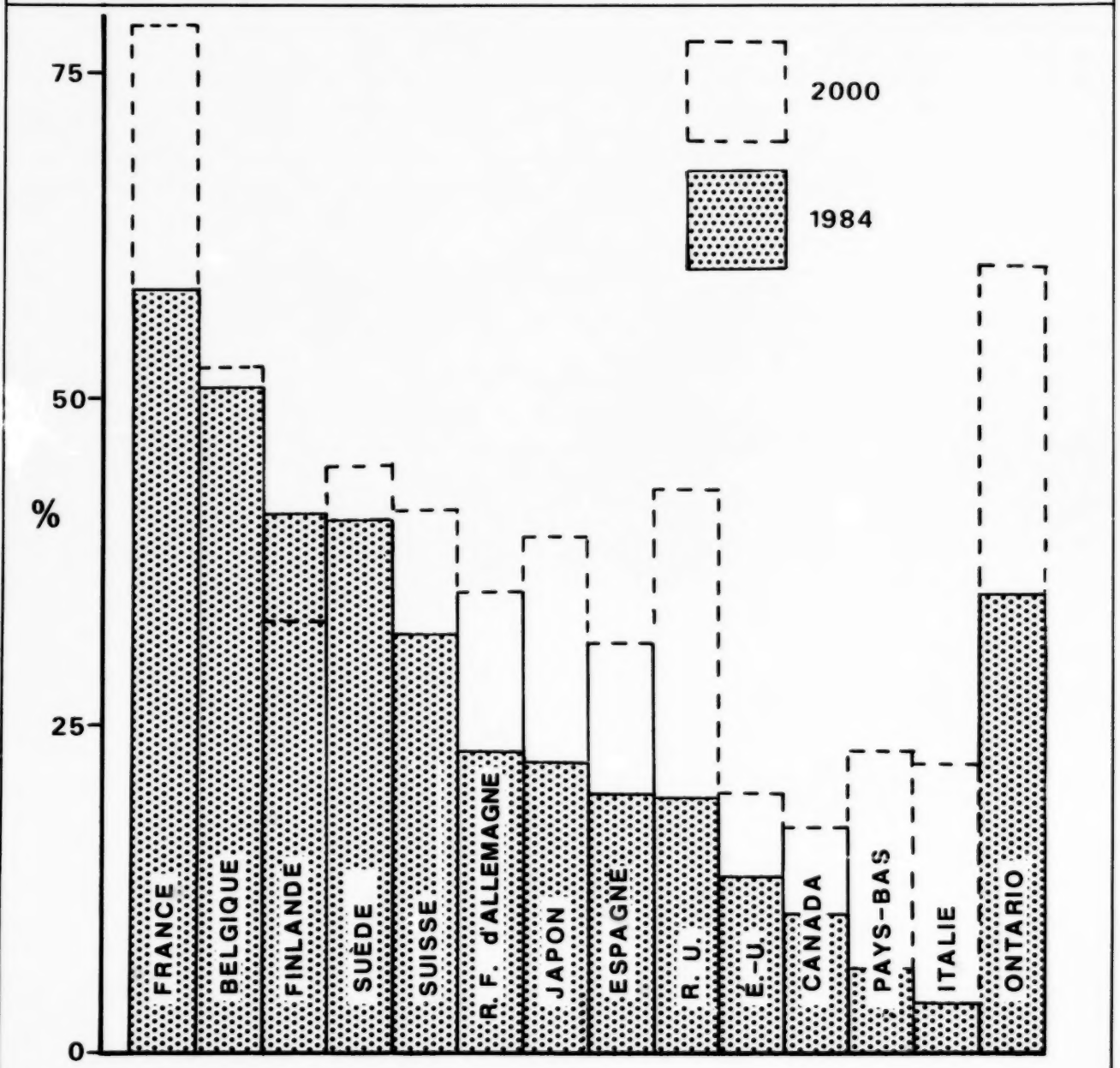
Le Canada se classe parmi les chefs de file pour ce qui est des ressources estimatives en uranium de toutes catégories, possédant une part importante des réserves peu coûteuses dans le monde*. D'après l'évaluation actuelle des approvisionnements mondiaux en uranium qui sera publiée à la fin de 1985 (7) par

---

*Le terme «monde» utilisé dans le texte exclut l'U.R.S.S., l'Europe de l'Est et la République populaire de Chine.

FIGURE 10

APPORT DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE À LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ DANS DES PAYS DONNÉS, 1984 ET L'AN 2000



SOURCE: OCDE, avril 1985.

l'AEN-AIEA*, le Canada continuera vraisemblablement d'être l'un des plus grands producteurs au monde en égard à la découverte de ressources supplémentaires en uranium. Aussi, depuis plus de 40 ans, le Canada est un fournisseur fiable d'uranium sur les marchés mondiaux.

Depuis 1959, le Canada se classait au deuxième rang des producteurs mondiaux d'uranium, après les États-Unis. En 1984, ayant fourni 30 % de la production mondiale totale soit environ 38 000 t U, il a devancé les États-Unis au premier rang des producteurs. Au cours de la prochaine décennie, le Canada devrait conserver son titre de principal exportateur mondial d'uranium. En ce qui concerne la capacité de production et le potentiel de découvertes supplémentaires décrits dans le présent rapport, nous avons toutes les raisons de croire que le Canada peut conserver sa place de premier plan sur le marché mondial de l'uranium tout en continuant de répondre à ses besoins internes.

Le gouvernement du Canada s'est engagé à maintenir la position du pays au premier rang des fournisseurs d'uranium sur les marchés mondiaux. La *Loi concernant l'investissement au Canada*, adoptée le 30 juin 1985 afin d'encourager, au Canada, les investissements pouvant contribuer à la croissance économique et à la création d'emplois, devrait permettre d'améliorer la position de l'industrie canadienne de l'uranium sur les marchés d'exportation.

---

*AEN: L'Agence pour l'énergie nucléaire, de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).

AIEA: L'Agence internationale de l'énergie atomique.

Annexe 1

DÉFINITION DES RESSOURCES ET TERMINOLOGIE DE LA PRODUCTION

Dans son évaluation annuelle des ressources en uranium, le Groupe d'évaluation des ressources en uranium (GERU) divise ses estimations en cinq catégories distinctes qui représentent les différents seuils de confiance accordés aux quantités mentionnées. Ces catégories sont subdivisées en trois niveaux d'exploitabilité relatifs aux prix de l'uranium en vigueur.

La terminologie et les définitions qui suivent, utilisées par le GERU, sont conformes à celles utilisées par Énergie, Mines et Ressources Canada pour l'évaluation des ressources minérales et houillères.

Un *minerai* est une substance naturelle contenant des minéraux, qui peut être récupérée par extraction minière et dont on peut tirer de façon rentable un ou plusieurs produits, dans des conditions précisées au moment de l'évaluation.

Les *ressources mesurées* se rapportent au minerai dont le tonnage est calculé en fonction des dimensions révélées par des affleurements, des tranchées, des mines ou des trous de forage et dont la teneur est définie au moyen d'un échantillonnage approprié. Les points d'inspection d'échantillonnage et de mesurage sont si rapprochés et le caractère géologique tellement bien défini qu'il est facile de bien déterminer les dimensions, la forme et la teneur en minéraux. Le tonnage et la teneur doivent s'appliquer à des minerais récupérables par exploitation minière en tenant compte de la diminution de la teneur.

Les *ressources indiquées* se rapportent au minerai dont le tonnage et la teneur sont calculés en partie au moyen de mesures, de données de production ou d'échantillons précis, et en partie au moyen de projections, sur une distance raisonnable, fondées sur des faits géologiques. Les ouvertures ou les affleurements disponibles pour l'inspection, le mesurage et l'échantillonnage sont trop dispersés ou disposés d'une façon qui ne permet pas de délimiter entièrement le gisement ou d'établir la teneur de tout le minerai qu'il renferme.

Les *ressources présumées* se rapportent au minerai dont l'évaluation quantitative est fondée en grande partie sur une connaissance générale des caractéristiques géologiques du gisement, et pour lequel on dispose, lorsqu'il y en a, de peu d'échantillons et de mesures. On suppose l'existence d'une continuité ou d'une répétition, en se fondant sur des faits géologiques, et notamment sur la comparaison d'un gisement avec des gisements de types semblables. Cette catégorie peut aussi englober les gisements entièrement masqués, mais dont l'existence peut être géologiquement établie. En évaluant les ressources présumées en minerai, il faut circonscrire avec précision les zones dans lesquelles peut se trouver ce minerai. Les limites de cette zone varient en fonction des caractéristiques et de la connaissance que l'on possède des gisements de minerai.

Les *ressources pronostiquées* se rapportent aux tonnages estimés au-delà des limites précises établies pour les ressources présumées en minerai. Elles peuvent comprendre les tonnages de parties de gisements déterminés ou de gisements périphériques masqués, dont on peut supposer l'existence le long des axes préférentiels bien établis associés à des gisements connus. Les attributs des ressources pronostiquées sont calculés, en règle générale, par extrapolation de gisements déterminés ou par quantification de données géologiques.

Les *ressources spéculatives* se rapportent aux tonnages estimés dans des gisements que l'on croit exister en se basant sur des données indirectes et des extrapolations géologiques dans des zones non explorées ou dans des zones présentant des indices. Ces ressources se comparent géologiquement aux ressources de gisements connus exploitables à des prix inférieurs aux niveaux donnés.

Les *réserves* se rapportent seulement aux ressources indiquées ou mesurées qui pourraient être exploitées aux prix du marché mondial, tel qu'établi au moment de l'évaluation (égal à la case 1A de la figure A-1), à moins qu'un autre prix ne soit mentionné.

En ce qui concerne la catégorisation des réserves selon le niveau de prix (c'est-à-dire le niveau d'exploitabilité économique), les teneurs économiquement exploitables qui ont été choisies couvrent tous les coûts de production tout en tenant compte des pertes en cours de traitement et des coûts de capital nécessaire pour les opérations à terme. La différence entre les teneurs économiquement exploitables et la teneur moyenne des ressources de chaque gisement est alors utilisée afin de déterminer si l'écart est suffisant pour justifier certaines dépenses comme les impôts et les redevances, les frais généraux de l'administration centrale, les frais à terme des activités de forage et d'exploration et un taux acceptable de rendement du capital investi (c'est-à-dire les coûts associés à l'utilisation des capitaux). Si la différence entre les teneurs économiquement exploitables et la teneur moyenne est jugée suffisante, le tonnage est considéré comme exploitable à un prix inférieur à la limite déterminée.

Sauf avis contraire, les estimations des ressources classées dans les catégories mesurées, indiquées et présumées se rapportent aux quantités d'uranium *récupérable* du minerai exploitable par opposition aux quantités d'uranium *contenu* dans le minerai exploitable ou à l'uranium *contenu* dans le minerai *in situ* (c'est-à-dire après déduction des pertes en cours d'extraction et de traitement du minerai). Dans le cas de la catégorie pronostiquée, les estimations représentent les quantités d'uranium contenu dans le minerai exploitable. Les estimations des ressources spéculatives désignent des quantités de minerai in situ.

Pour les besoins d'ordre national et international, les estimations canadiennes sont souvent données en fonction de définitions internationales des ressources en uranium utilisées par l'AEN et l'AIEA dans leurs évaluations bi-annuelles des ressources mondiales en uranium. Les expressions *ressources raisonnablement assurées* (RRA) et *ressources supplémentaires estimées* (RSE) et leurs définitions ont été formulées pour la première fois en 1964 et elles ont continué d'être utilisées avec des changements mineurs, dans des évaluations périodiques et conjointes de l'AEN-AIEA de l'offre mondiale de l'uranium. Il est intéressant de noter qu'en 1975 l'AEN-AIEA a modifié ses définitions des ressources en parlant du coût au lieu de prix alors que le Canada a conservé la classification en fonction des prix*.

L'expression «ressources spéculatives» a été créée en 1978 par l'AEN-AIEA par suite de la constatation que les évaluations ne portant que sur les RRA et les RSE ne constituaient qu'une appréciation incomplète des ressources mondiales en uranium. Vers la fin de 1982, l'AEN-AIEA a redéfini la catégorie des RSE afin d'établir une distinction entre les ressources supplémentaires «découvertes» et «non découvertes» qui sont censées se trouver en association avec des gisements connus (2). Il s'agit des RSE de catégorie I (RSE-I) et des RSE de catégorie II (RSE-II).

Les définitions données par l'AEN-AIEA aux ressources sont exposées ci-après. La figure A-1 établit le rapport entre ces définitions de l'AEN-AIEA et les définitions utilisées par EMR aux fins de la présente évaluation.

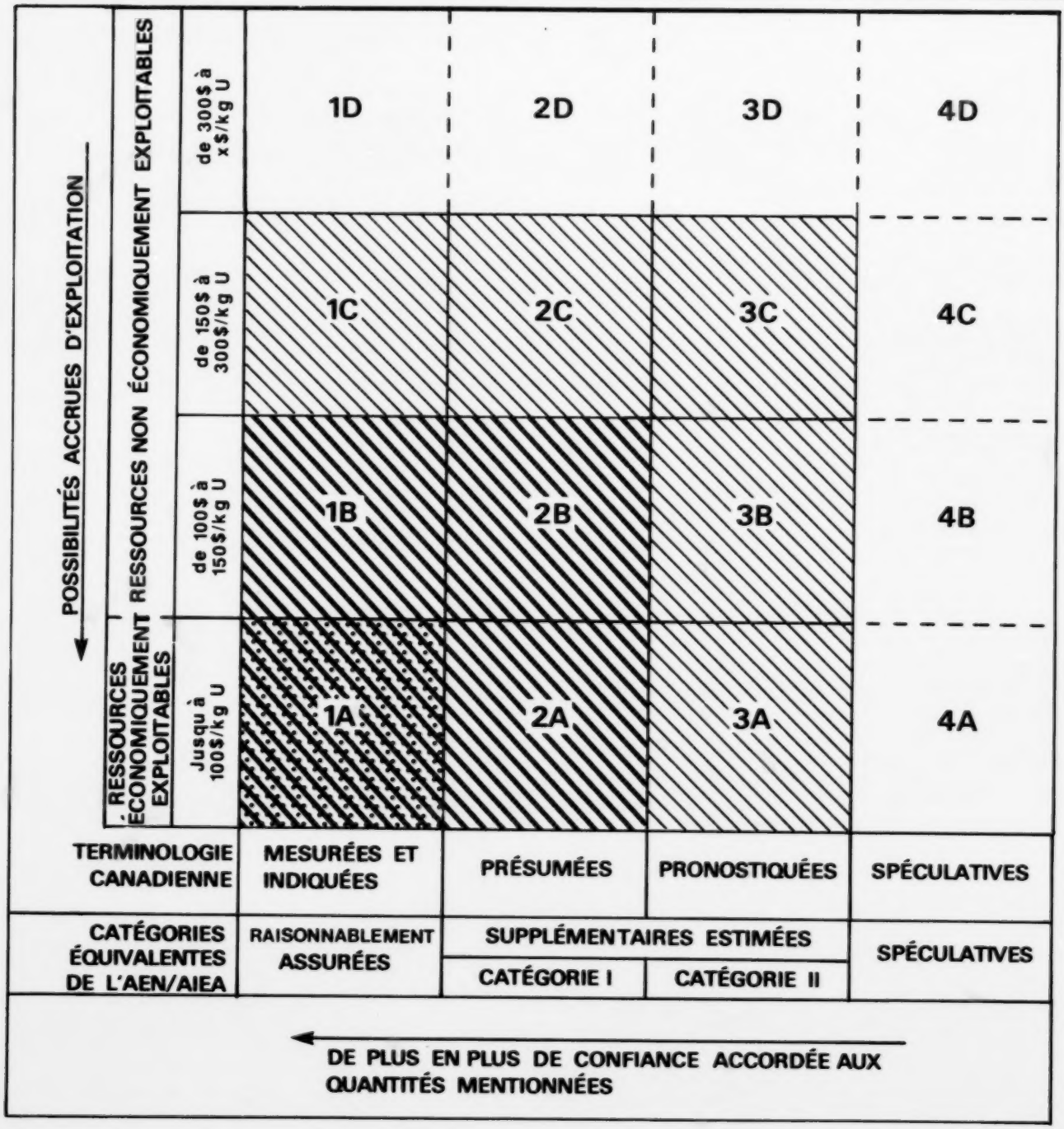
Par *ressources raisonnablement assurées* (RRA), on entend l'uranium qui se trouve dans des gisements de minerai connus, dont l'étendue, la teneur et la configuration sont telles qu'on pourrait, dans les limites données de coût à la production, le

---

*À des fins de comparaison internationale, le Canada aligne ses trois catégories de prix pour les trois catégories de coûts de l'AEN-AIEA, de la plus faible à la plus élevée, c'est-à-dire que les trois catégories de coûts/prix sont illustrées en blocs identifiés par A, B et C respectivement à la figure A-1.

FIGURE A-1

MODE DE CLASSIFICATION DES RESSOURCES EN URANIUM RÉCUPÉRABLE
(Énergie, Mines et Ressources Canada)



récupérer grâce aux techniques d'extraction et de traitement actuellement éprouvées. Les estimations de tonnage et de teneur sont fondées sur les données résultant d'échantillonnages spécifiques et sur une délimitation précise des dimensions du gisement ainsi que sur la connaissance des caractéristiques de ce dernier. L'existence des ressources raisonnablement assurées présente un haut degré de certitude.

Par *ressources supplémentaires estimées – catégorie I* (RSE-I), on entend les quantités d'uranium s'ajoutant aux RRA, dont on suppose la présence en se fondant surtout sur des données géologiques directes, dans des prolongements de gisements bien explorés et de gisements dans lesquels la continuité géologique a été établie mais pour lesquels des données et des mesures spécifiques de ces gisements, ainsi que la connaissance des caractéristiques du gisement sont considérées comme insuffisantes pour classer ces ressources en tant que RRA. Il est possible de délimiter de tels gisements dont l'uranium pourra ultérieurement être récupéré, l'ensemble de ces opérations entrant dans les tranches de coûts indiqués. Les estimations du tonnage et de la teneur se fondent sur l'échantillonnage disponible ainsi que sur les connaissances que l'on a des caractéristiques du gisement telles qu'elles ont été déterminées dans les parties les mieux connues de ce dernier ou dans des gisements analogues. Les estimations relatives à cette catégorie sont moins fiables que celles qui concernent les RRA.

Par *ressources supplémentaires estimées – catégorie II* (RSE-II), on entend les quantités d'uranium s'ajoutant aux RSE-I dont on suppose la présence dans des gisements que l'on estime exister dans des formations ayant des caractéristiques géologiques bien définies ou dans des zones de minéralisation comportant des gisements connus. Il est possible de localiser et de délimiter de tels gisements dont l'uranium pourra ultérieurement être récupéré, l'ensemble de ces opérations entrant dans des tranches de coûts indiqués. Les estimations du tonnage et de la teneur se fondent principalement sur la connaissance que l'on a des caractéristiques de gisements connus dans des formations ou zones respectives, ainsi que sur l'échantillonnage ou les données géologiques, géophysiques ou géochimiques pouvant être disponibles. Les estimations relatives à cette catégorie sont moins fiables que celles qui concernent les RSE-I.

Par *ressources spéculatives* (RS), on entend les quantités d'uranium venant s'ajouter aux ressources supplémentaires estimées – catégorie II dont on présume l'existence principalement sur la base d'indications indirectes et d'extrapolations géologiques dans des gisements susceptibles d'être découverts à l'aide des techniques de prospection existantes. Il ne serait en général possible de préciser l'emplacement des gisements pouvant entrer dans cette catégorie que comme se trouvant dans une région déterminée ou dans une formation géologique donnée. Comme ce terme le sous-entend, l'existence et l'importance de telles ressources sont éminemment spéculatives.

L'AEN-AIEA souligne que les distinctions entre les catégories de ressources (RRA, RSE-I et RSE-II et RS) sont établies sur des niveaux différents de formation géologique; ainsi est-il possible de considérer chaque catégorie de ressources comme une entité distincte. Il faut donc manier avec une grande prudence les estimations des ressources (par exemple ne pas effectuer la somme des estimations des quatre catégories pour obtenir les ressources totales).

Vu que l'on a accordé une plus grande importance aux projections de la capacité théorique de production pour illustrer le potentiel des approvisionnements en uranium, il a été nécessaire de fixer la terminologie utilisée dans ces prévisions. Dans son évaluation de décembre 1983 des approvisionnements mondiaux d'uranium, l'AEN-AIEA a employé les termes mentionnés ci-dessous qui ont été repris dans le présent rapport.

Par *centre de production*, utilisé dans le présent rapport, on entend une unité de production composée d'une ou de plusieurs installations de traitement de minerai, d'une

ou de plusieurs mines connexes et les ressources qui l'alimentent. Afin de décrire les centres de production, ceux-ci sont divisés en quatre catégories, c'est-à-dire:

(i) Les *centres de production EXISTANTS*, soit ceux actuellement en état de fonctionner et comprenant les installations qui sont fermées mais qui pourraient être facilement mises en service.

(ii) Les *centres de production COMMANDÉS* sont ceux qui sont en construction ou dont la construction fait l'objet d'engagements fermes.

(iii) Les *centres de production PRÉVUS* sont ceux qui sont prévus sur une base d'études de faisabilité achevées ou en cours, mais pour la construction desquels aucun engagement n'a été pris. Cette catégorie comprend également les installations fermées dont la remise en service exigerait des dépenses notables.

(iv) Les *centres de production ENVISAGÉS* sont ceux qui pourraient être alimentés par les RRA et les RSE-I, c'est-à-dire des «ressources connues», mais pour la construction desquels aucun plan n'a encore été établi.

L'expression *capacité de production* désigne le niveau de production nominal fondé sur la conception de l'usine et des installations au cours d'une période prolongée dans des conditions normales d'exploitation commerciale.

L'expression *capacité théorique de production* se rapporte à une estimation du taux de production qui pourrait être atteint de façon pratique et réaliste, moyennant des circonstances favorables, à partir de l'usine et des installations dans n'importe quels des centres de production décrits ci-dessus, compte tenu de la nature des ressources qui les alimentent. (Habituellement, les prévisions de la capacité théorique de production sont uniquement fondées sur les RRA et les RSE-I).

Annexe 2

POLITIQUE CANADIENNE EN MATIÈRE D'EXPORTATION DE L'URANIUM

La politique canadienne en matière d'exportation de l'uranium a été élaborée en vue de permettre au Canada de conserver sa réputation de fournisseur fiable d'approvisionnements à long terme d'uranium à ses associés industriels tout en garantissant des approvisionnements suffisants pour répondre aux besoins nationaux, d'accroître les bénéfices que les Canadiens peuvent tirer des excédents à l'exportation et de profiter des possibilités de traitement additionnel. De plus, la politique exige tout spécialement que l'uranium soit utilisé seulement à des fins pacifiques et non explosives. Un grand nombre de pays dont plusieurs importent de l'uranium canadien ont signé des accords bilatéraux de coopération concernant l'énergie nucléaire et ont ratifié le Traité de non-prolifération des armes nucléaires ou ont pris des engagements de non-prolifération équivalents et accepté les garanties internationales imposées à l'ensemble de leurs activités dans le domaine nucléaire.

Des mécanismes de contrôle ont été mis en place afin de surveiller la capacité de production d'uranium du Canada et les niveaux d'approvisionnements faisant l'objet d'engagements sur les marchés étrangers afin d'assurer que le Canada dispose de réserves suffisantes d'uranium qui serviront à l'approvisionnement en combustible de tous les réacteurs nucléaires canadiens pour une période de 30 ans; les besoins ayant été établis sur un cycle de 10 années. Des contrats d'exportation peuvent être approuvés normalement pour des périodes atteignant jusqu'à 15 ans. Cependant, lorsque les exportations d'uranium sont associées à la vente d'un réacteur CANDU, l'organisme de réglementation peut approuver les contrats qui prévoient un approvisionnement en combustible de 30 ans.

Tous les contrats d'exportation d'uranium doivent afficher des prix planchers ou des mécanismes de contrôle similaires qui permettent de protéger les investissements et les emplois dans les centres de production de l'uranium; ils doivent aussi prévoir des conditions de tarification permettant de maintenir un juste équilibre entre les bénéfices et les risques et qui sont généralement conformes à celles convenues par les producteurs canadiens et internationaux d'uranium dans le cadre de contrats de même durée. Sauf dans des circonstances exceptionnelles, les approvisionnements d'uranium doivent, avant d'être exportés, être enrichis au Canada dans la mesure où nos installations peuvent le faire et ce, à des coûts concurrentiels. Cela signifie que l'uranium doit être affiné et transformé en hexafluorure d'uranium (UF_6).

Les producteurs canadiens sont libres de négocier leurs propres contrats de vente d'uranium dans le contexte de la politique actuelle du Canada en matière d'exportation. Cependant, tous ces contrats sont par la suite étudiés par l'administration fédérale qui s'assure qu'ils respectent les objectifs de la politique à cet égard. Le cas échéant, des permis et des licences d'exportation sont délivrés respectivement chaque année par la Commission de contrôle de l'énergie atomique et le ministère des Affaires extérieures, conformément aux dispositions de la *Loi sur le contrôle de l'énergie atomique* et de la *Loi sur les licences d'exportation et d'importation*.

Annexe 3

GROUPE D'ÉVALUATION DES RESSOURCES EN URANIUM (GERU)

Le GERU est un comité interne d'Énergie, Mines et Ressources Canada, composé de hauts fonctionnaires et de spécialistes de la géologie, de l'extraction et du traitement de l'uranium. Ses travaux sont effectués par trois sous-comités:

Le *Sous-comité des ressources raisonnablement assurées* a pour tâche: a) d'évaluer les ressources mesurées et indiquées des gisements canadiens d'uranium exploitables dans les conditions technologiques actuelles et dans les échelles de prix données; et b) d'évaluer les niveaux de production d'uranium canadien à partir de ces gisements.

Le *Sous-comité des ressources supplémentaires estimées* a pour tâche: a) d'évaluer les ressources présumées et pronostiquées associées à des gisements uranifères connus au Canada; et b) d'évaluer les ressources spéculatives dans des régions du Canada qui ont un environnement géologique favorable à la présence d'uranium.

Le *Sous-comité de la coordination économique* a pour tâche: a) de mettre en corrélation les ressources connues et les besoins du marché intérieur ainsi que les engagements d'exportation, ces derniers en collaboration avec des organismes de réglementation; et b) d'établir le tonnage d'uranium à attribuer aux réacteurs canadiens en service ou faisant l'objet d'engagements.

Le Groupe d'évaluation des réserves de minerai et le Groupe de l'évaluation et des méthodes d'extraction des Laboratoires de recherche minière du Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET) sont les principaux responsables des travaux du Sous-comité des ressources raisonnablement assurées. Le Laboratoire de métallurgie extractive de CANMET fournit les spécialistes du traitement du minerai d'uranium. La Section de l'évaluation des ressources minérales régionales de la Commission géologique du Canada (CGC) d'EMR est responsable des travaux associés aux activités du Sous-comité des ressources supplémentaires estimées. Enfin, les activités du Sous-comité de la coordination économique relèvent surtout de la Direction de l'uranium et de l'énergie nucléaire du Secteur des économies d'énergie et des substituts du pétrole d'EMR. La Direction joue également un rôle important dans l'évaluation globale du GERU ayant pour tâche de coordonner cette activité annuelle. Le Sous-comité travaille en collaboration avec le Secteur de la politique minérale d'EMR pour ce qui est de l'analyse des approvisionnements en minéraux et de l'étude critique des définitions des ressources, de la terminologie et des concepts.

RÉFÉRENCES

(1) L'uranium au Canada: Évaluation en 1982 de l'offre et des besoins, Énergie, Mines et Ressources Canada, Rapport EP 83-3 (sept. 1983).

(2) AEN/AIEA Uranium – Ressources, production et demande, OCDE, Paris (déc. 1983).

(3) WHILLANS, R. T. Uranium (compte rendu de l'industrie de l'uranium au Canada en 1984), Canadian Mining Journal (fév. 1985).

(4) RUZICKA, V. Estimation of Undiscovered Uranium Resources in Canada, dans Uranium Resource Evaluation, Énergie, Mines et Ressources Canada, Rapport ER 77-1, p. 39-56.

(5) Monitoring Canada's Uranium Supply, Énergie, Mines et Ressources Canada, Rapport ER 80-5E (fév. 1980).

(6) OCDE Summary of Nuclear Power and Fuel Cycle Data in OECD Member Countries, OCDE, Paris (avril 1985).

(7) AEN/AIEA Uranium – Ressources, production et demande, OCDE, Paris (déc. 1985, sous presse).

BIBLIOGRAPHIE

Les documents mentionnés ci-dessous, bien qu'ils ne fassent pas l'objet de renvois dans le rapport, sont une importante source de renseignements supplémentaires sur les ressources en uranium, leur exploration et leur production au Canada.

AEN/AIEA. Uranium Exploration Methods, Étude du programme de R-D de l'AEN/AIEA, compte rendu du colloque, OCDE, Paris, 1982.

AEN/AIEA. Uranium Extraction Technology, Pratique actuelle et nouveaux procédés dans le domaine du traitement du minerai, OCDE, Paris, 1983.

AEN/AIEA. Economics of Uranium Ore Processing Operations, compte rendu d'un atelier de travail (organisé conjointement par l'AEN et l'AIEA), OCDE, Paris, 1983.

AIEA. Uranium Exploration Case Histories, compte rendu d'une réunion d'un groupe consultatif de l'AIEA (organisée conjointement par l'AIEA et l'AEN), AIEA, Vienne, 1981.

ASPIN, N., WILLIAMS, R. M., et DAKERS, R. G. Canada's Uranium Future, Based on Forty Years of Development, document AIEA-CN-42-142, volume 3 du compte rendu d'une conférence internationale sur les antécédents de l'énergie nucléaire, Vienne, 1983. (Publié séparément par L'Énergie Atomique du Canada, Limitée, n° EACL-7765, sept. 1982).

CAMERON, E. M., éd. Uranium Exploration in the Athabasca Basin, Saskatchewan, Canada, Comm. géol., Can., Étude 82-11, 1983.

Cinq rapports ont été préparés sous l'égide du Groupe d'étude de la géologie de l'uranium de l'AIEA:

FERGUSON, John, éd. Proterozoic Unconformity and Stratabound Uranium Deposits, IAEA-TECDO-315, AIEA, Vienne, 1984.

TOENS, Dennis, éd. Surficial Uranium Deposits, IAEA-TECDOC-322, AIEA, Vienne, 1984.

FINCH, Warren, éd. Geological Environments of Sandstone-Type Uranium Deposits, IAEA-TECDOC-328, AIEA, Vienne, 1985.

FUCHS, Helmut, éd. Vein Type Uranium Deposits, IAEA-TECDOC Series, AIEA, Vienne (sous presse).

PRETORIUS, Desmond, éd. Uranium Deposits in Proterozoic Quartz-Pebble Conglomerates, IAEA-TECDOC Series, AIEA, Vienne (sous presse).

Nota: Les documents de l'OCDE et de l'AIEA sont distribués au Canada par la:

Librairie Renouf Limitée
2182, rue Ste-Catherine Ouest
MONTRÉAL (Québec)
H3H 1M7
Tél.: (514) 937-3519